

(11) 转所出原公发序号

(43)公衆日 平成11年(1999)9月14日

**BEST AVAILABLE COPY**

## 【特許請求の範囲】

## 1. 燃料電池セパレータ組立体の製造方法において：

a) マイクロチャンネル、パイア及びマニホールドから選ばれた同等の形状を持つ、薄いシート原料の中に複数の異なる個別のプレートレットを形成する形成段階であって、前記形状が、膜層組立体と接触する酸化剤又は燃料が消費されるための少なくとも1つの活性領域の場を共通して形成すること；

b) 前記酸化剤又は燃料の連続循環通路を形成するために、係合する隣接プレートレットに対応する形状と正確に整合して前記個別のプレートレット形状を持つ前記プレートレットを積層する段階；及び

c) 複数の内部マイクロチャンネルとこれらマイクロチャンネルに対する接続用マニホールドとを有するモノリシックセパレータを形成するために前記整合されたプレートレットを接合する段階、  
の各段階を備えていることを特徴とする方法。

## 2. a) 前記シート原料が金属とされ；かつ

b) 前記形成段階が前記各形状をエッチングにより形成する段階を含むことを特徴とする請求項1記載の方法。

3. a) 前記エッチングによる形成が窪み型エッチング及び貫通型エッチングの組み合わせを含むことを特徴とする請求項2記載の方法。

4. a) 前記貫通型エッチングは、前記シート原料の両面からシート厚さの50%を超える深さまでエッチングする窪み型エッチングを含むことを特徴とする請求項3記載の方法。

5. a) 前記金属が、Ti、Al、Cu、W、ニオブ、ステンレススチール及び合金、積層体、メッキ品及びそれらのコンポジット体から成る群から選ばれたことを特徴とする請求項4記載の方法。

6. a) 前記金属シート原料に形状を定義するために、レジストをフォトリソグラフィで該金属シート原料を被覆することを特徴とする請求項3記載の方法。

7. 接合後に前記セパレータを不動態化する段階を含むことを特徴とする請求項2記載の方法。

8. 前記接合が加熱及び圧力のもとでの拡散接合であることを特徴とする請求

項7記載の方法。

9. a) 前記金属はTiとされ;かつ

b) 前記不動態化は、高温で窒素に曝すことを含むことを特徴とする請求項8記載の方法。

10. a) 第1面及び第2面を持つセラミック又はプラスチックから選ばれる薄いシート材料の少なくとも1つのコアプレートレット;

b) 場、仕切部、分割器、パイアベース、ランド、計量オリフィス、流路、パイア、ミキサー、フィルター、コマンダ (Command) 効果回路、方向変換器及びマニホールドのうちの少なくとも一つから選ばれる形状とされた流体分配形状が内部に形成されたプレートレットの少なくとも片面;

c) 少なくとも1つのマイクロチャンネル反応体流れ場領域を提供するために、前記各形状がプレートレット毎に一致させられており;

d) 前記コアプレートレットは、選択された集電体プレートレットと接合されてもう1つのコアプレートレット又は少なくとも1つの別のコアプレートレットに対して単極端子集電体を形成すること、及び少なくとも1つの集電体と接合されてモノリシックバイポーラセパレータを形成し、電解質膜組立体と連係して燃料電池スタックを形成すること、

を有効に組み合わせることを特徴とする極性燃料電池セパレータ組立体。

11. 前記集電体プレートレットは、金属、伝導性プラスチック、伝導性セラミック、金属化プラスチック、金属化セラミック又はそれらのコンポジット体から成る群から選ばれることを特徴とする請求項10記載の極性燃料電池セパレータ組立体。

12. 前記形状の少なくとも幾つかは、熱管理のための少なくとも1つの冷却液場を形成することを特徴とする請求項11記載の極性燃料電池セパレータ組立体。

13. 前記形状の少なくとも1つは、燃料又は酸化剤のための少なくとも1つの加湿場を形成することを特徴とする請求項10記載の極性燃料電池セパレータ組立体。

14. 前記形状の少なくとも1つは、燃料又は酸化剤のための少なくとも1つの

加湿場を形成することを特徴とする請求項12記載の極性燃料電池セパレータ組

立体。

15、前記冷却液場は、前記加湿場の少なくとも1つと関係して加熱加湿流体を前記加湿場へ提供することを特徴とする請求項14記載の極性燃料電池セパレータ。

16、前記形状が、窪み形成及び貫通形成の組み合わせにより形成されることを特徴とする請求項10記載の極性燃料電池セパレータ。

17、前記コアプレートレットが、間隔を置いた一対のマイクロスクリーン集電体プレートレットの間か又はマイクロスクリーン集電体プレートレットと端部プレートとの間に配置され、そして前記一対のマイクロスクリーンプレートレット、並びに前記マイクロスクリーンと端部プレートの組み合わせ体が、1つ以上の電流ブリッジ、電流タブ、ばねクリップ、縁部ジャンパー、ひだ付き伝導性電流ブリッジ、縁部バスバー、内部バスバー又はそれらの組み合わせ体から選ばれる手段により互いに電気的に関連することを特徴とする請求項11記載の極性燃料電池セパレータ。

18、前記コアプレートレットがプラスチックであり、そしてプレートレットの中の前記形状が、シート原料の打ち抜き、エンボシング、パンチ、圧縮成形及び射出成形から選ばれる圧縮技術により形成されることを特徴とする請求項17記載の極性燃料電池セパレータ組立体。

19、少なくともかなりの前記形状が、前記コアプレートレットの各面で形成されることを特徴とする請求項18記載の極性燃料電池セパレータ組立体。

20、前記コアが互いに接合された少なくとも一対のプレートレットから成り、第1のプレートレットはアノード流れ場プレートレットであり、そして第2のプレートレットはカソード流れ場プレートレットであることを特徴とする請求項19記載の極性燃料電池セパレータ組立体。

21、前記プレートレットコアに、第1アノードマイクロスクリーンプレートレットと第2カソードマイクロスクリーンプレートレットを含む一対のマイクロスクリーンプレートレットを接合することを含むことを特徴とする請求項20記載



の極性燃料電池セパレータ組立体。

22. 前記マイクロスクリーンプレートレットが中に開口部を持つ領域を含むこ

とであって、前記開口部が丸い穴、六角形、スロット状、T字型、山形紋、四角形、菱形、三角形、楕円面、NACA部品から選ばれることを特徴とする請求項

21記載の極性燃料電池セパレータ組立体。

23. a) セラミック、プラスチック、金属、伝導性プラスチック、伝導性セラミック、金属化プラスチック、金属化セラミック又はそれらのコンポジット体から選ばれる薄いシート材料であって、各前記シートは第1面及び第2面を持つこと；

b) 中に形成されたマイクロチャンネル流体分配形状を持つ前記プレートレットの少なくとも片面であって、前記形状が、場、計量オリフィス、流路、バイア、バイアベース、ランド、ミキサー、フィルクー、方向変換器、コアンダ効果回路、及びマニホールドから選ばれること；

c) 前記形状が、前記燃料電池セパレータの中で他のプレートレット又は電解質膜組立体と連係して少なくとも1つのマイクロチャンネル反応体流れ場領域を提供すること、

から成ることを特徴とする極性燃料電池セパレータ組立体用プレートレット。

24. 前記シートが、金属、伝導性プラスチック、伝導性セラミック、金属化プラスチック、金属化セラミック又はそれらのコンポジット体から成る群から選ばれ、そして前記流れ場領域における前記形状が、マイクロスクリーン集電体プレートレットを形成する貫通形状を含むことを特徴とする請求項23記載のプレートレット。

25. 前記シートが、電気的に非伝導性プラスチック又は電気的に非伝導性セラミックから選ばれ、そしてアノード流れ場プレートレット及びカソード流れ場プレートレットから選ばれるコアプレートレットを中に形成する形状を含むことを特徴とする請求項24記載のプレートレット。

26. 前記形状が少なくとも1つのマイクロチャンネル冷却液場を形成する形状を含むことを特徴とする請求項25記載のプレートレット。

27. 前記形状が少なくとも1つのマイクロチャンネル加湿場を形成する形状を含むことを特徴とする請求項26記載のプレートレット。

28. 前記冷却液場及び前記加湿場のマイクロチャンネルが関連して反応体ガス

の向流型加湿を提供することを特徴とする請求項27記載のプレートレット。

29. 前記反応体流れ場領域が、コアを形成する複数のプレートレットの外部表面の中にあり、そして前記冷却液場が、その内部にありかつ前記反応体流れ場領域と実質的に同じ領域に配置されることを特徴とする請求項28記載のプレートレット。

30. プレートレットが、前記第1表面に少なくとも1つの反応体流れ場領域を含みかつ前記第2表面に前記冷却液場を含むことを特徴とする請求項29記載のプレートレット。

31. 前記第1表面が少なくとも1つの加湿マイクロチャンネル領域を含むことを特徴とする請求項30記載のプレートレット。

32. 前記マイクロチャンネルが、長さ、断面寸法及び蛇行形配置において反応体流体組成及び粘度に適合することを特徴とする請求項23記載のプレートレット。

33. 燃料電池スタックにおいて：

a) i) スタック型に配列したバイポーラセパレータ及び膜電極組立体

；

ii) 前記膜電極組立体の1つと接触する前記スタックの第1端部にあるアノードセパレータ端部プレート；

iii) 膜電極組立体と接触する前記スタックの第2端部にあるカソードセパレータ端部プレート、

から成る複数の電池；

b) 前記バイポーラセパレータ、並びに前記アノード及びカソードセパレータが請求の範囲第18記載のコアプレートレットを含むこと；そして

c) 前記電池が圧縮力のもとで順次組立られて稼動する電池を形成すること、

を有効に組み合わせることを特徴とする燃料電池スタック。

34. 前記形状が少なくとも1つのマイクロチャンネル冷却場領域を含むことを特徴とする請求項33記載の燃料電池スタック。

35. 前記形状が、前記冷却液場と関連する燃料又は酸化剤用の少なくとも1つのマイクロチャンネル加湿場を含み、加熱流体を前記加湿場へ提供することを特

徴とする請求項34記載の燃料電池スタック。

36. 前記場が、長さ、マイクロチャンネル断面寸法及び蛇行形配置において、燃料としての $H_2$ 、及び酸化剤としての空気/ $O_2$ に適合することを特徴とする請求項35記載の燃料電池スタック。

37. 前記セパレータが、Ti、Al、Cu、W、ニオブ、ステンレススチール合金、積層体、メッキ品及びそれらのコンポジット体から選ばれる拡散接合型金属から形成される集電体マイクロスクリーンプレートレットセパレータの間に積層されるプラスチック又はセラミックの電気的絶縁性コアプレートレットを含むことを特徴とする請求項36記載の燃料電池スタック。

38. a) 前記膜電極組立体がカーボンペーパー被覆型PEM、及びカーボンペーパーレスPEMから成る群から選ばれ、そして

b) 前記セパレータが、前記カーボンペーパー被覆型PEMと接触するフロントガラス型プレートレット、又は前記カーボンペーパーレスPEMと接触するフロントガラス型プレートレットを含むことを特徴とする請求項37記載の燃料電池スタック。

39. a) 第1及び第2面を持つ薄いシート材料を提供する段階；

b) 前記材料の少なくとも1つの面に部分的及び貫通型流体分配形状を形成する段階であって、マイクロチャンネル場、計量オリフィス、流路、パイア、分割器、仕切部、パイアベース、ランド、ミキサー、フィルター、コアンド効果回路、方向変換器、及びマニホールドから選ばれること；そして

c) 前記マイクロチャンネル形状が、集電体、隣接コアプレートレット、端部プレート及び膜電極組立体と整合するように配置されて、前記燃料電池に対して少なくとも1つのマイクロチャンネル反応体流れ場領域を提供する段階、

の各段階がいずれも有効な順序から成ることを特徴とする燃料電池セパレータ用のプレートレットの製造プロセス。

40. 前記形成物が前記シートの両面に形成される形状を含むことを特徴とする請求項39記載のプロセス。

41. 前記形成段階が、第1面に前記マイクロチャンネル反応体流れ場、及び前記第2面にマイクロチャンネル冷却場を形成する段階を含み、前記冷却場領域の

少なくとも1部分が前記反応体流れ場領域と重複することを特徴とする請求項40記載のプロセス。

42. 前記形成段階が、前記第1面に少なくとも1つのマイクロチャンネル加温場を形成する段階を含むことを特徴とする請求項41記載のプロセス。

43. 前記形成段階が、長さ、断面寸法、及び通路形態において前記マイクロチャンネルを前記反応体流体組成及び粘度に適合する段階を含むことを特徴とする請求項39記載のプロセス。

44. a) マイクロチャンネルパターンを持つ少なくとも1つのダイパターンをフォトリソグラフィ用に設計する段階；

b) レジストを前記ダイパターンの金属シートに塗布する段階；

c) 前記シートをエッチングして前記マイクロチャンネルパターンのダイを形成する段階；及び

d) 前記ダイを使用して前記プレートレットに前記形状を形成する段階、の追加の各段階を含むことを特徴とする請求項43記載のプロセス。

45. コアプレートレットに対しては前記シートが、プラスチック及びセラミックから選ばれ、そしてマイクロチャンネル集電体プレートレットに対しては伝導性材料が、金属、伝導性プラスチック、伝導性セラミック、表面金属化プラスチック、表面金属化セラミック及びそれらのコンポジット体から選ばれることを特徴とする請求項39記載のプロセス。

46. a) マイクロチャンネルパターンを持つ少なくとも1つのダイパターンをフォトリソグラフィ用に設計する段階；

b) レジストを前記ダイパターンの金属シートに塗布する段階；

c) 前記シートをエッチングして前記マイクロチャンネルパターンのダイを形成する段階；及び

d) 前記ダイを使用して前記プレートレットに前記形状を形成する段階、の追加の各段階を含むことを特徴とする請求項45記載のプロセス。

## 【発明の詳細な説明】

## 集中流体処理を採用したプラスチック小板燃料電池

## 関連出願の相互参照

この出願はSpearらにより1994年10月12日に出願されたアメリカ特許出願番号No.08/322,823の一部継続出願であって、その発明の名称は、集中流体処理小板技術による燃料電池となっており、この出願の共通の主題事項の出願日付の特典は、35 U.S.C. § 120により請求され、この出願の主題事項は本明細書中の引用文献として併用してある。

## 技術分野

本発明はプラスチック小板燃料電池に関し、そして更に詳しくは集中流体処理(IFM)という特徴をもった、積層小板から成る燃料電池と、IFM電池の製造方法ならびに動作に関する。本発明の原理に基づく特定の実施態様は、水素・空気/酸素燃料電池であって、この燃料電池は、プラスチック小板を接合して形成した多重板台分離機を採用しており、この分離機は流体処理中子を形成し、また集電体として機能する金属製またはその他の導電性表面小板が用いている。これらの小板はそれぞれその中に、微小溝から成る反応ガス、冷却剤及び加湿の帯域を形成している。本発明の標準的なIFMプラスチック小板電池は、約50~150℃の温度範囲内で動作し、開放もしくは閉塞ループ形態で、静的ならびに動的双方の発電0.25~1.0kW/Kg(0.5~1.0kW/L)の出力である。IFM小板及び分離機の構造は、それぞれの電池の中の変動する熱処理ならびに加湿の必要条件に順応するように、積層体内の位置の関数として燃料電池積層体を介して調整される。

## 技術的背景

水素もしくは炭素系燃料を直接電力に変換するための燃料電池は、理論的には大きな希望のもてるものであるにも係わらず、これまで技術上の問題と経済的な理由から余り広く採用されてこなかった。水素・空気/酸素燃料電池の分野においては、その出力密度、すなわちキログラム当たりの発電キロワット数は限界ギリギリの値であって、その寿命は短く満足のゆくものではなかった。従来技術の電池は、一部は触媒または電解質による薄膜への悪影響に起因するのだが、経時

的に出力が低下するし、また燃料ガスの内部分布が不均一なために熱点が形成され、電池の損傷といった不具合をもたらしてきた。

燃料電池電極間に配置された、両面に貴金属触媒を塗装した固体重合体陽子交換膜を使用した低温 $H_2/O_2$ 燃料電池は、静的ならびに動的双方の発電用として確約できる、特に重要なタイプの燃料電池である。これらの燃料電池は燃料として水素を用い、この水素は直接的に供給するか、あるいは、金属の水素化物から、または形成された炭化水素から電気分解などの化学的反應によって電池に発生したものをを用いる。オキシダントは $O_2$ または空気のいずれが適当な方である。隔膜が乾燥し切ったり、伸長によって構造的に不十分または弱められたり、亀裂を生じないようにするために、隔膜の冷却用及び湿気供給用として水が必要である。一般的にさまざまな理由から陽極側が先ず乾燥する。すなわち、陽極から陰極に向けての電気浸透性ポンプ作用；電気化学的反應速度によるガスの過剰な供給量；そして陰極側の空気または酸素の流れが、生成水及び、水素陽極側から隔膜を通過する水蒸気を排除してしまうことなどがその理由である。従って、燃料ガスは、脱水効果を減らすために、燃料電池積層体中で加湿されなければならない。冷却水は、電池中での触媒が介在する電気化学的反應のゆっくりした燃焼中に生じる過剰な熱を取り除き、熱交換のために積層体の外側を通される。設計によっては、冷却水を用いて反応ガスに湿気を供給する。

この種の低温燃料電池用として有用な、何種類かの適当な電極薄膜アセンブリ(BEA)がある。その一つはニュージャージー州ベルヴェューのH-Power社製のものであり、これは薄膜としてデュポン社のNAFION®というパーフルオロサルフォネーテッド炭化水素のような重合体フィルムを薄膜として用い、その上に白金触媒塗布したものである。あるいは、ダウケミカル社から出ているパーフルオロサルフォネーテッド重合体があるが、アメリカ特許No.5,316,869によればこの重合体は電池積層体電力密度 $2kW/s.f.$ に対して電池電圧、電池当たり $0.5V$ 以上で、1平方フィート当たり4000アンペア程度の電流密度を有すると報告されている。

現在活用可能な燃料電池積層体の標準的な設計は、Ballard Fuel Cell Stackであって、これは、活性電気化学的電池を35個と、熱的処理電池を19個、反応物湿気付与電池を14個有し、1/4インチ厚さの黒鉛板から成る積層体中のNAFION-11

7 BMA上に白金を用いている。報告によるとこの積層体は全体容積が0.5立方フィートで、重量は94ポンド、酸素と水素から3kWの出力がある。

しかし、黒鉛板は、構造的な完全性を提供し、また反応物の交差を防ぐためにはかなり厚くなければならない。すなわち、黒鉛は酸素と水素を通すため、受け入れ可能なレベルまで透過、交差するのを減らすためには、少なくとも0.06インチの厚さが必要である。その上、黒鉛板は脆い。従って電池積層体は、反応ガスの漏洩を防ぐために、電池内部とそして電池間の封止効果を得るように圧縮荷重下に置かれなければならないので、黒鉛板は亀裂を生じ易い。黒鉛板は熱伝導度及び電気伝導度が低く、これが熱点及びアッドスポットを生じさせる。黒鉛板はまた、特にガス分布用の溝を付け難い。積層体出力は比較的低く、大体0.03kW/ポンドである。上述の実施例では、不活性な冷却ならびに湿気付与電池の数は、活性な電気化学的電池の数とほとんど同じである。このことが積層体に必要な、ガasketを用いた封止の数を事実上倍加し、その結果積層体の信頼性と性能を落とす。

前述のアメリカ特許No. 5,316,869 は黒鉛板電池積層体の外部の閉塞ルーブシステムのマイクロプロセッサ制御に関するものであり、該積層体の設計については解答を与えていない。

従って、従来技術の制約を課す諸問題を解決するような、改良された燃料電池の設計と、燃料電池の生産方法と、そしてその操作方法が必要とされる。

#### 本発明の開示内容

##### 概要：

本発明は、複数の電池で構成される改良型燃料電池積層体に関するものであり、それぞれの電池は、集中流体処理(IMF)の特徴を有する相互に関連した、プラスチック製、セラミック製、及び金属製の一連の小板から成る。本発明はまた設計、製作、小板の特徴の形成、小板の基準極性分離機(準積層体アセンブリ)への組込みと接着に関する方法と、本発明の集中流体処理技術(IMFT)の金属とプラスチック小板を用いた燃料電池積層体の操作方法を含む。

特に燃料として $H_2$ と空気/ $O_2$ (いずれか適した方)を用いる陽子交換薄膜(PEM)燃



料電池に適用可能と開示したが、本発明の技術はアルカリ性燃料電池や、熔融炭

酸塩の燃料電池及び固体酸化物形の燃料電池にも同様に適用可能であり、また燃料電池と共に使用する改質装置にも適用できる。広範囲に及ぶ種類の燃料/酸化剤の組合せ、例えば $\text{NH}_3/\text{O}_2$ 、 $\text{H}_2/\text{Cl}_2$ 、 $\text{H}_2/\text{Br}_2$ 、 $\text{CH}_3\text{OH}/\text{O}_2$ などが採用でき、当然ながら $\text{O}_2$ の表示には空気も含まれる。本明細書において「燃料電池」という場合は、1個またはそれ以上の単位電池を含み、その各電池は、アセンブリとして適当な電極薄膜(EA)と接触している二極分離板(BSP)を有し、電流収集板により終点となっている単位電池の積層体を備えていると理解されたい。

本発明の燃料電池は1個またはそれ以上の電池を含んでおり、その各電池は、電極薄膜アセンブリ(EA)を間にサンドイッチ状に挟んでいる一対の二極分離基板(BSP)を有する。この分離機は、単極(端末の板に対して)でもよいし、一方の側が陽極( $\text{H}_2$ )側であり、他方の側が陰極( $\text{O}_2$ )側となっている二極のものでもよい。次に、本発明の各単極または二極の分離機アセンブリは、一対のマイクロスクリーン板(MSP)の間にサンドイッチ状に挟まれた流体処理中子アセンブリ(FMCA)を有する。それぞれの中子アセンブリとマイクロスクリーン板は、相互に接触している複数の小板から成り、これら小板は好ましくは接着されて完全な単体となっている。マイクロスクリーン板(MSP)は、電子を、エッジ導体(ブリッジ、タブ、ばねクリップ、線ジャンパー、ひだつき導電体ブリッジ、エッジ母線など)及び/または内部母線に通す電流コレクタとして機能し、また、このMSPは金属あるいは導電性体プラスチックなどの導電材料から造られている。マイクロスクリーン板(MSP)は、窓枠構造であって、位置決め枠により包囲された凹み、すなわちめ込まれた中心部分をもつ。母線の実施態様では、この窓枠は、プラスチックやセラミックなどの非導電体材料で作ることができる一方、スクリーンは導電性プラスチックと金属、黒鉛、あるいは金属を含浸した黒鉛紙などの導電性体材料製である。マイクロスクリーンという用語では、孔のあいた、ドリル加工した、あるいは織られた、織られていないシート状材料であって、貫通する多数の微小孔または通路をもつ、ガスを通流させる一切のシート状構造を意味する。

流体処理中子アセンブリ(FMCA)は、好ましくは非導電性プラスチック、セラミ

ック、あるいはその他適当な材料で作られた複数の薄い板を備え、この中には多数の複雑な微小溝の流体分布溝が形成されており、その溝は好ましくは圧縮成形

法、射出成形法、レーザーアブレーション法または切削法、エンボス法、溶剤腐食法、プレス法、スタンプ法、貫通したそして部分的にある程度の深さを保った孔を作るその他の加圧工程によって作る。それぞれが部分的な深さ(例えば半分の溝)を有する隣近の板は接着されると、ガス、冷却剤及び蒸気の分布溝となる。一般にこの溝は丸形または卵形の断面をもっているが、これらの溝の連続した、正弦曲線状の、そして分岐状態の形態は、その他の方法では製作ができない。小板流体処理回路は深さをもつ孔と貫通した孔とで構成される。これらの特徴の組合せを用いて流れ領域、クローズアウト、マニホールド、パイア(vias)、パイアベシス、溝、フィルターエレメント、計量オリフィス、ミキサー、スプリッカー、ダイバーター、ランド、島、NACAポート及び/またはコアンダ効果流体制御回路が形成される。RICAの好適な材料はプラスチックであり、従って本明細書ではプラスチック小板燃料電池について述べる。これらのプラスチック製のRICAとMSPの空枠小板またはアセンブリもレーザーによる写真平版により制作されるが、この場合、レーザービームを単量体またはプレポリマーにぶっつけて、この単量体を、一層毎に硬さの増す硬質構造とするように光重合させる。この技法は個々の小板に用いることもできるし、小板を接着させずに、工程中に微小溝と溝とをRICAの内部に構成してRICA全体を構築するように用いてもよい。

BWAを用いて、その中間に二つの単極分離機を組立てると、電気化学的電池が構成される。一線上に揃った電池の列は、接着または締めつけにより、そして電池間に任意に封止ガスケットが挿入されて相互に固設されると、燃料電池積層体、仕上がった燃料電池となる。

標準的な実施例では、全体的燃料電池積層体の個々の電池極板分離機サブアセンブリを形成する小板の数は3~10枚、好ましくは4~7枚である。BWAは隣接する極分離機間に配置され、そして好ましくはその中の陽極及び陰極の凹みの中に挿入される。現在のところ好ましいBWAは、両面に、超微粒白金黒とカーボンブラックとの混合物を加えたものを塗装し、そしてテフロン疎水性接着剤をつけた厚

と10ミル、65%の孔率の黒鉛紙で覆った2~17ミル厚さのパーフルオロサルフォネーテッド薄膜である。

本発明のIRMT燃料電池の原理については、実施例によってのみ本明細言で説明

されるが、白金/NAFION B4Aを用いた、動作温度が70~115℃の二極水素/空気または酸素燃料電池を採り上げる。

本発明のプラスチック小板設計の重要な特徴は、熱の処理において、またガス及び電解質薄膜に湿気を付与する上でかなり大きな改良がなされることであって、この改良によって本発明の小板形成燃料電池の出力は、従来技術のものと比較してかなり改善される。好適な実施態様においては、表面導通(電流コレクタ)小板は金属、標準的にはアルミニウム、銅、ステンレス鋼、ニオブウムまたはチタニウムから作られ、そして流体処理中子小板はプラスチック製であり、標準的にはポリカーボネート、ポリアミド、ポリスチレン、ポリブレンフィン、PVC、ナイロン、共重合体とかターポリマーなどの充填または非充填プラスチックである。金属小板はエッジ導通電流ブリッジまたは全通母線に到る表面導電性を提供する。金属表面小板は、プラスチック製の中子流体処理小板をとり囲むか、サンドイッチ状に挟み込む。金属製の電流コレクタ小板は、BSPに組立てた後に、好ましくはその前に、窒化処理などを施して耐蝕性を与える。

小板が形成されると、これら小板は次いで接着剤と、熱及び/または圧力の適当な組合せを用いて互いに接着して積層し、極性分離機サブアセンブリを構成する。B4Aは次いで分離機小板の中の任意の特殊な薄膜凹部、密着の凹み部分の中に装着されて、個々の電気化学的電池となり、これら複数の電池は積層されて燃料電池積層体となる。この積層体アセンブリ全体は、次いで封止効果を上げるために、例えばタイロッド、ナット、及び一定荷重圧縮機などにより加圧下で結合され、必要に応じガスケットを用いて単体一体構造の燃料電池積層体とされる。

多岐にわたる、固体ながら多孔質の重合体製の陽子交換薄膜が使用可能であるが、一般的にはダウケミカル社、アサヒケミカル社、ゴア社またはデュポン社から市販されている硫酸化ふっ化炭素薄膜が用いられ、この内デュポン社のNAFIONが現在好ましい商品である。薄膜の両表面には、貴金属触媒、例えばPd,Pt,Rh,R

の貴金属化合物もしくはそれらの混合物が塗布される。この種の好ましい薄膜は、ニュージャージー州ベルビューのH-Power社から市販されている。用いられるEMAのその他の種類としては、炭素または黒鉛の薄い多孔質シート、あるいは触媒を塗布した重合体薄膜がある。

特定の薄膜の種類ならびに製造業者らは薄膜の性能に何らかの改良を提供するかもしれないが、本発明は特定の種類の薄膜またはEMAに依存するものではない。集中流体処理技術(IFMT)、すなわち本発明のプラスチック小板の採用技術は広範な種類の燃料電池に適用でき、それらの性能が改善されることになる。

プラスチック小板を用いる技術は、燃料電池の外観形態の如何を問わず微小溝の設計を広範囲にわたって適用可能とし、その上優れた熱交換と湿気の制御によって、しかもそのため燃料や酸素の欠乏を伴わずに、ガスの一層効率的な分布とより安定した電気的出力が得られる。

本発明のIFMTプラスチック小板技術の重要な利点は、燃料電池の製造が自動化できることであり、また高速の写真平版、エッチング処理、プレス加工、エンボス加工あるいはスタンプ加工技術により、一般には厚さが4〜40ミルの薄い金属またはプラスチックのシートから小板を製造できることである。プラスチック製(FRCA)中子小板を製作するために、エンボス加工、圧縮成形法、射出成形法、または数値制御ミーリング加工法などが好適に活用される。

IFMT小板技術によって、分離機サブアセンブリの設計において、プラスチック及び金属の小板の双方に対して、写真平版技術を駆使して迅速な設計変更ができるという事実から、かなり大きな工業的な用途と技術的な利点とが生じる。単一の工場で、経済的な生産に一般的に要求される高出力を必要とせずに、広範囲に及ぶ燃料電池の設計を支えることができる。すなわち、多様な設計の燃料電池を今よりも少なく生産することができ、なおかつ経済的に見合うのである。加えて、生産設備が既製の写真平版、マスキング及びエッチング処理またはスタンプ加工用設備に類似しているので、設備投資額が実質的にかなり低減できる。

写真平版による「印刷」工程の実施例により説明すると、分離機の多重シートを大きいままで、写真平版技術的にも簡単に、正確に図形化設計でき、また版は

、金属、プラスチックまたは導電性プラスチックのシート材料の連続ロールから、スタンプ加工、エンボス加工または圧縮成形される。あるいは、また現在の最良の方式において、電流コレクタ金属シートはレジストで写真平版的にマスキングし、エッチング処理を施して流体処理微細溝を形成し、次いでフォトレジスト(感光性耐蝕膜)のマスキング層を化学的にまたは物理的に取り除き、そして小板を清

浄化する。プラスチック中子(PMC)小板は圧縮成形法によってプラスチック材料のロールから製作する。あるいは、プラスチック中子小板はローラーエンボス加工法、射出成形法もしくはスタンプ加工法により製作できる。好ましくは、エンボス加工法または圧縮成形法に用いる工具類の製作には、上述のように、金属部分に写真平版技術によるエッチング処理を施すのがよく、この場合正のマスクの代わりに負のマスクを用いるか、その逆とする。

仕上がった小板は次いで組立てて分離機の形にし、これを圧力ラムをもつ積層体接着室に装入して、規定の温度と圧力の下で相互に接着し、一体構成の複合分離機板のサブアセンブリに成形するが、このサブアセンブリは導電性表面をもち、互いに他に対して異なった水準で直角となっている溝を含む、各種のガスや水、あるいはその他の冷却剤がそこを流れる、複雑な内部プラスチックPMC微細溝を有する。接着剤、溶剤または結合のような積層接着支援材をプラスチックと金属の小板の表面に適用すると、接着性と封止能力が得られ易くなる。金属と中子プラスチックの選択によっては、接着支援材を使用する場合には、何を使用するかが決まっている。

金属表面小板は、不動態化された、耐蝕性の、そして導電性の層を形成するように特殊な化学薬品によって処理される。好適な実施態様においては、チタニウム製のマイクロスクリーン小板が、高温に保った窒素雰囲気中に装入され、この雰囲気中で窒素とチタニウムとの反応が起こり、窒素雰囲気中に露出した表面全体に、不動態化された、耐蝕性の、そして導電性の窒化チタニウム層が形成され、これにはガス及び水の内部溝が偏えられている。

小板極性分離機的设计及び生産は、PCボード製造ラインに類似した連続生産ラ

インで実施できる。次いで個々のBMAは個々のBSP間に挿入され、次に電池が積層され、そして外側端末板が付け加えられて完成した燃料電池積層体とされ、完成した積層体はロッド、ナットあるいはその他の一定圧縮力を印加する装置を用いて加圧下に置かれ、反応生成物の漏れない封止効果を与えられる。電気リード線、反応生成ガス及び冷却水が接続され、ガス及び/または流体燃料が導入され、そして電池が完成する。

本発明の標準的な4小板IRM二極分離機サブアセンブリにおいては、4個の異なる

板があり、1枚の板と4枚の板が電流ブリッジで接合され、2と3の板は異なる板である。連続する小板は以下の通りである：

1. 陽極金属マイクロスクリーン小板(BMAから電流の導通を提供するため)
2. 陽極プラスチック流れ領域小板(陽極流れ領域分布、陽極反応物湿気付与及び陰極水循環を提供するため)
3. 陰極プラスチック流れ領域小板(分離機/電池の熱処理、陰極反応物湿気付与及び陽極水循環を提供するため)
4. 陰極金属マイクロスクリーン小板(BMAに電流の導通を提供するため)

導通の実施態様においては、二つのマイクロスクリーンコレク小板が少なくとも1個の電流ブリッジによって接合され、陽極から陰極に向けての電子の流れを生ずる。

電流ブリッジの電流搬送能力は1個以上のタブによって増大されてもよく、このタブは折り疊んで載せられており、電気的に接着されて分離機を通じて電流が流れるようになっている。

母線の実施態様では、二つのマイクロスクリーンコレク小板が、RAC分離機を横断する少なくとも1本の、好ましくは2本の母線によって接合され、陽極から陰極に向かう電子の流れを生ずるようになっている。少なくとも1本の、好ましくは2本の母線があり、この母線は陽極及び陰極のマイクロスクリーン小板に接着され、プラスチック流れ小板の中に位置して分離機を通る電気的導通を生ずるようになっている。

実施例によって本明細書中で説明した小板の形成についての詳細によって、電池積層接着工程中における微小溝の崩壊あるいは目詰まりは生じていないことが証明される。

上記の二つの二極分離機の実施例においては、板1と4はそれぞれ厚さが約12ミルで、板2と3はそれぞれ厚さが35と45ミルである。積層接着する場合は、これら板は若干加圧され、そして得られた一体構造の二極分離機積層体の全体の厚さは約100ミルである。

BMAを受け入れる窓枠の凹みを組み込んだ実施態様については、陽極と陰極の凹みの深さは11ミル程度であって、この値はBMA黒鉛紙電極の厚さ11ミルに順応する

ものである。BMAの全体の厚さは、黒鉛紙電極、触媒インキ及び薄膜の厚さの選択に依存して26~30ミル程度であり、若干順応した値となっている。好ましいデュポン社のNAFION<sup>®</sup>薄膜は、その両面に、カーボンブラック中に微小分散した白金黒触媒が塗装しており、この薄膜は厚さが4~5ミル程度であって、外側の黒鉛/テフロン紙層のそれぞれは、厚さが約11ミルである。黒鉛紙の有孔率は65%程度で、反応ガスの良好で均一な分布を提供している。陽極側では、黒鉛紙は電子を電解質薄膜上の触媒反応箇所から遊離させて、分離機板のランド(端子領域)に向かわせ、燃料電池の電氣的出力として採り出す。電子は陰極を経て外部回路から戻る。陰極側では黒鉛紙上が、分離機の板のランドから電解質薄膜上の触媒反応箇所まで電子を導通する。

燃料電池多重二極分離機積層体は、それぞれの端末において、陽極及び陰極の単一極分離機端末板でに終端していなければならない、この終点はまた端子電流コレクタとして機能する。単一極陽極分離機の場合には、陽極マイクロスクリーン(小板1);陽極流れ領域小板(小板2);そして一側面陰極小板、すなわち閉じられた陰極流れ領域回路を有する陰極流れ領域小板(小板3)の冷却回路、を用いる。単一極陰極分離機に対しては、一側面陰極小板、すなわち閉じられた陽極流れ領域を有する陽極流れ領域小板(小板2);陰極流れ領域小板(小板3);そして陰極マイクロスクリーン小板(小板4)、を用いる。縦導通ならびに母線貫通の同実施態様

とも、端子の端末板が電力を外部の装置に伝える。両方の実施態様とも類似の設計ならびに構造の端子端末板を使用できる。

代替実施例として、反応ガスに湿気を供給する必要のないものがあるが、それは小板4枚の二極分離機アセンブリを採用しており、小板の順序は次の通りである：

1. 陽極金属マイクロスクリーン小板(B4Aから電流の導通を提供するため)
2. 陽極プラスチック流れ領域小板(陽極流れ領域分布及び陰極水循環を提供するため)
3. 陰極プラスチック流れ領域小板(分離機/電池の熱処理、陰極流れ領域分布及び陽極水循環を提供するため)
4. 陰極金属マイクロスクリーン小板(B4Aに電流の導通を提供するため)

前述の4枚の小板を用いた二つの実施例の場合のように、電流の導通は、前述した線導通または母線導通機構を用いて達成される。

組立てた分離機(多重小板サブアセンブリ)は厚さが100ミル程度、重量が約3〜6オンス(85〜170グラム)で、これらの値は板及び材料の数と厚さによって決まる。1個の電流積層体では、1kw当たり大体10基の分離機が用いられる。完成した二極分離機板は一線上に揃えて圧縮するためにタイロッド上に交番B4Aにより組立てられる。タイロッド上に組立てた後に、1.5インチ程度の厚さをもつ圧縮端末板が適用され、燃料電池積層体アセンブリの全体が、ねじを切ったタイロッドを用いて、50〜200psiの圧縮力が加えられて一体構成の燃料電池積層体が形成される。1〜65psiの電池動作起動力が容易に達成でき、この程度の数の電池で規定される電圧では7〜150アンペア程度の出力である。隣接する分離機サブアセンブリを封止するために、高さが1〜2ミル程度の噛み合い封止リッジ(山)(一般的にその断面が三角形である)を、マニホールドと流れを包囲する封止表面(外側表面)の上にエッチング処理、プレス加工、あるいは成形によって設け、このリッジを隣接の分離機サブアセンブリに設けられた相俦の封止リッジと完全に噛み合わせるか、場合によっては端子端末板と噛み合わせる。

本発明のIFMT小板の設計による燃料電池は、 $H_2$ を提供するためにリフォーマー



部分を循環することが可能であり、例えば非酸化性バーナーに蒸気を加えて用いる蒸気移送工程を経て $H_2$ や $O_2$ 、 $CO_2$ を生産する。他の任意のハイポカーボンリフォーマーを本発明のIRMT小板電池との組合せで採用してもよい。

本発明の小板の肝要な特徴は、ガス及び水の分布溝と組合せて使用することであり、これらの溝は、相対して噛み合う一対の板表面(すなわち互いに対面し、積層体内部で相互に接触する隣接する板の、互いに嵌合する面)のそれぞれに、対応する関係に整合している半分の溝と、同様に形成された送出マニホールドである。任意だが、小板の周囲に封止リッジを設けて、隣接する電池アセンブリの封止を支援するのが好ましい。

PEM電池の効率的な高出力の動作にとって重要なことは、適切な熱バランスと水和作用、ならびに均一なガス流によるこれらの制御である。従来のPEM燃料電池には、不十分な熱処理と水分のバランス、低い黒鉛の導電性と延性、限定された封

止能力と、反応物の過剰な減少などの問題がある。PEM電池における適当な熱処理は重要である。好適な薄膜では、操作温度の最大値は90~98℃の範囲内である。と言うのは、これより高い温度だとイオン透過性多孔質組織に損傷を与え、薄膜を永久に破壊してしまうからである。本発明のIRMTプラスチック小板燃料電池は、個々の二極分陸機の中に熱交換機部分を一体構成してあるので、黒鉛PEM電池のそれぞれ4~5基の分陸機と比較した場合、本発明の積層体は、熱の発生と制御(熱交換)の両方が場所按比例するため、その寸法を容易に拡張可能である。本発明では、薄膜と燃料の種類及び積層体の中の内部電池の配置毎に、容易に熱制御を対応させられるので、高度の性能をもったEFAを用いることができ、高い電力密度が得られる。

水バランスに関しては、それぞれの分陸機に組み込まれ給排水装置により、個々の分陸機がそれぞれに変化して燃料電池の陽極側及び陰極側の間の異なった必要条件に順応するため、より良い水のバランスが保たれる。水分は電気的浸透性ポンプ作用によって薄膜を介して陽極側から取り除かれ、反応ガスの流れは乾燥する。電気的浸透性ポンプ作用の処理量と、反応水の生産から水が陰極側に蓄まる

が、これらは共に、乾燥している空気/廃棄ガス流によって取り除かれる。

黒鉛 $\text{PB}$ 電池と対照的に、本発明に係る複合金属/プラスチック $\text{IRMT}$ 分離機は大体30倍位導電性が良いので、高度な電流密度をもつ積層体中の $\text{I}^2\text{R}$ 損失が低減される。 $\text{I}^2\text{R}$ が損失すると積層体から得られる電圧と電力が少なくなる。複合分離機の内部抵抗が低ければ低いほど、電流分布が平均化され、その結果電池の中に生成する熱点やデッドスポットが減少する。黒鉛分離機は封止性を増すために圧縮状態に置かれるが、圧力は黒鉛の抵抗に影響を及ぼし、非線型にする。このため、黒鉛電池に均一な出力を生成させることは難しい。これと対照的に、複合分離機は熱伝導度と電気伝導度とが優れており、そのため熱点やデッドスポットが少ない。

黒鉛は $\text{H}_2$ 、 $\text{O}_2$ 及び空気に対しては透過性であり、そのため黒鉛積層体の化学的効率が低くなる。と言うのは、若干の $\text{H}_2$ が非生産的に、時には破壊的な直接的腐化で消費されるからである。黒鉛の多孔性を克服するために非導電性プラスチック接着剤が使用されるが、これは分離機板の導電性を更に低下させる。黒鉛板の透

過性を減らすために一般的に用いられるもう一つの方法は、板を厚くすることであるが、そうすると逆に電気伝導度と熱伝導度が悪くなる。

黒鉛分離機はまた、ガスの漏洩を防ぐのに必要な封止効果をもたせるために電池を1~60psigで圧縮すると、亀裂が入る。亀裂発生の傾向は、積層体中の電池の数と大きさを著しく制約する。積層体内部の1個以上の分離機が漏洩を生ずると、電気出力は落ちるか、かなり低下する。複合金属/プラスチック小板は延性があるので、このような問題は起こらない。

更に、本発明の $\text{IRMT}$ 技術によってより良い熱処理効果を上げるさまざまな積層体内部小板の設計が可能であることも、本発明の重要な利点である。すなわち、冷却されない積層体の中間部分にある電池は積層体の端末部分または端末に近い部分と決して同一の熱的環境にはないので、要求される給湿条件は同じではない。陽極、陰極、冷却水及び給湿のための微小溝の設計と比較すると、小板の設計は変更が容易であって、積層体内部の多様な傾きに順応するように積層体内の配置を設定できる。同様に、積層体の設計も幅広い外部条件に適するように設計す

ることができ、北極向けの設計は熱帯地方のそれとは異なり、また海中向けの設計は宇宙向けのそれとは異なる。

設計の柔軟性、すなわち分離機の各帯域(陽極、陰極、熱交換そして給湿)において微小溝の形状、経路の長さ及び幅を適応させる能力と、積層体内で分離機から分離機(電池から電池へ)へ連続してしかも個々に積層体内部の環境と勾配に適合させる能力という利点によって、より高度の出力、例えば50~100kwを超える程度の出力にまで、容易に規模拡大することができる。

直列/並列の蛇行溝の設計により、反応ガスの一層均一な分布を提供する。これは、動作する場合、空気が溝を介して移動するときの $O_2$ の欠乏に由来する陰極性能の問題を改善する上で特に重要である。従来の溝の設計においては、空気は酸素を豊富に含んだ状態で入るが、電気化学反応によって酸素が消費されるため、酸欠状態が出る。同様な欠乏作用が $H_2$ についても言え、この場合、 $H_2$ に対する不純物の濃度が増す結果となる。本発明においては、平行に配置した多様な短い一連の溝、そしてさまざまな形状の溝あるいは幅が漸次変わる溝を設計しかつ再設計をする能力により、従来の燃料電池の大きな制約である陰極の動力学を改善す

る。本発明においては、流れは的確な圧力降下が得られる一連の平行な回路に分割される。平行な回路の数を増せば流量が減り、また経路長さが短いため溝の側壁の摩擦効果が低減されるので、圧力降下を少なくできる。

本発明の、現在のところ最も好ましい方式では、触媒/カーボンブラックを塗布した薄膜の上にカーボン紙のBHAを適用した窓枠小板を採用して、貫通したガス分布溝が無作為に配置された高度に多孔質なシートを提供しているが、本発明の重要な代替実施態様ではカーボン紙を用いない薄膜を採用しており、この場合、窓枠の「窓ガラス部分」に微細孔がエッチング処理によって開けられており、これによって同様なガスの分布機能を得ている。窓枠小板を生産する際には、窓ガラス部分は、外側板縁の内部にある板の適当な中間位置に設定される。(窓ガラス部分を定める線は、小板の製作中に適当な位置に窓ガラス部分を保持するい

る。本発明においては、流れは的確な圧力降下が得られる一連の平行な回路に分割される。平行な回路の数を増せば流量が減り、また経路長さが短いため溝の側壁の摩擦効果が低減されるので、圧力降下を少なくできる。

本発明の、現在のところ最も好ましい方式では、触媒/カーボンブラックを塗布した薄膜の上にカーボン紙のBHAを適用した窓枠小板を採用して、貫通したガス分布溝が無作為に配置された高度に多孔質なシートを提供しているが、本発明の重要な代替実施態様ではカーボン紙を用いない薄膜を採用しており、この場合、

、窓枠の「窓ガラス部分」に微細孔がエッチング処理によって開けられており、これによって同様なガスの分布機能を得ている。窓枠小板を生産する際には、窓ガラス部分は、外側板縁の内部にある板の適当な中間位置に設定される。(窓ガラス部分を定める線は、小板の製作中に適当な位置に窓ガラス部分を保持するいくつかの薄いブリッジ以外は貫通するようにして形成する。このブリッジは後で

切り、そしてこの窓ガラス部分は取り除かれが落下させて、窓枠小板を完成させる)。この開放部分は、隣接する小板間で完全シート薄膜を圧縮する場合に、炭素繊維紙を受け入れる。代替実施態様においては、窓ガラス部分の材料を取り除く代わりに、微小貫通孔形成方法によって窓ガラス部分の中に「窓スクリーン」部分が創り出され、これらの孔は平方インチ当たり5000~10000程度である。次いでカーボン紙無しの薄膜が、降り合う分離機小板間で圧縮される。

本発明の目的と効果：

本発明の目的と利点の一つは、改良された燃料電池の設計、ならびに構成と操作の方法を提供することであり、特に、従来の鉛蓄電池に比べて費用ならびに性能が3倍以上改善される、IFMの特徴を用いて設計された水素と酸素または空気形のプラスチック小板燃料電池に関する。

本発明の改善された燃料電池積層体は、プラスチック小板分離機を採用するという利点を有し、この小板は特殊な形状のガス及び水の分布のための微細溝をもっており、この微細溝は圧縮成形法、射出成形法、エンボス加工法、エッチング処理、レーザービーム研削または切削法、あるいはスタンプ法などにより製作される。

改善された複合二極及び単極の分離機板とその製造方法を提供するのが本発明

のもう一つの目的であって、この方法は、金属または導電性プラスチックから成る導電性マイクロスクリーン電流コレクタ小板によって封入されているプラスチック流体処理小板を用いて製造するという利点を有する。

本発明のIFMプラスチック小板のもう一つの利点は、これら小板で構成される二極及び単極の分離機板が、1個以上のへり導通の電流ブリッジ及び／または貫通導通の金属母線を用いることによって、改善された電流収集を示すことである。

複数の積層体分離機板アセンブリにより低いコスト、製造の容易性、そして必要出力に適合する迅速な設計変更という利点をもった燃料電池の一貫製造法を提供することが本発明のもう一つの目的であって、この方法は、一連の個別の金属製電流収集小板の写真平版作業と、これに続くエッチング処理(化学的ミーン

グ)、バウンディング(叩きつけ加工)あるいはスタンプ加工、そして任意により抗酸化剤を金属製電流コレクタ小板に塗布することによる表面パターン形成工程にこれに続いて中子プラスチック流体処理小板の圧縮成形、エッチング処理、スタンプ加工、または射出成形を実施し、その後金属とプラスチック小板を組立てて分離機積層体とする工程;その後熱と圧力の条件下で複合単極または二極分離機小板積層体の低温での積層接着作業を実施する工程を含む。

一体構成の流体処理(IFM)を燃料電池積層体の設計に適用することが本発明のもう一つの利点であり、特に、プラスチック、導電性プラスチック、プラスチックと金属、及び複合材料の小板を単極または二極分離機(個々の電池)に組立て、そして複数の電池を積層体に組み込む設計に適用して、燃料とオキシダントガスへの給湿と分布状態を改善して薄膜と接触させ、また熱と湿気の制御により熱点と脱水による薄膜の劣化を防止することが利点である。

IFMの原理を採用したプラスチック小板の圧縮成形、または射出成形のための、写真平版的に、また化学的にミーリング加工した工作設備を提供することが、本発明のもう一つの目的と利点である。本発明のプラスチック小板のIFM設計は射出成形法、スタンプ加工法、溶剤またはプラズマエッチング処理法そして適当な単量体またはプレポリマー槽中でのレーザービーム写真平版法などの任意の適当なシート状プラスチック処理技術によって迅速に製造可能であるのも、利点の一つである。燃料電池の分離機アセンブリ用の圧縮成形、または射出成形されたプラ

スチック小板を提供することももう一つ別の目的であり、この分離機アセンブリは特別な封止用リッジをもっており、このリッジは燃料電池積層体を形成するために圧縮され固設される電池を形成するために、極性分離機間のBIAに良好な封止状態をもたらすという利点がある。

IFMの設計原理により、一体構成による反応物への給湿、熱処理を含む小板極性分離機の迅速設計、再設計または改造が可能になり、また結合されてモノリシックな一つの構造になる、プラスチック、複合材料または導電性プラスチックの複数の小板で形成される極性分離機中の反応物流れ及び分布の制御が可能になる

というのが本発明のもう一つ別の目的である。燃料電池積層体の中に可変IRM小板極性分離機設計を提供することが本発明のもう一つ別の目的であって、それは、積層体の中に複数の異なる小板ならびに極性分離機設計を採用し、積層体内部の配置によって左右される異なった熱環境と給湿の要件に適合順応できるようにするという利点をもつ。その他の本発明の目的と利点については、本発明の説明、図面そして特許請求の範囲により明白であらう。

#### 図面の簡単な説明

本発明を、以下の副題によって分類された図面により、更に詳しく説明する。

一般的な燃料電池、分離機及び小板：

図1は、本発明の原理を特に $H_2$ と空気/ $O_2$ で動作するように具体化した、プラスチック／導電性IRM小板二極分離機を用いた燃料電池積層体の概略断面図である。

図2Aと2Bは、本発明の冷却され給湿されない燃料電池IRM小板の概略断面図（図2A）と吸湿され冷却された燃料電池IRM小板の概略断面図（図2B）であり、用いる小板数にかなりの幅があることを示す。

図3は一部分解した、電極薄膜アセンブリ構造の詳細を示す概略断面図である。

図4Aは本発明の一体構成の湿度及び熱処理の二極分離機用流体回路の概略図である。

図4Bは本発明の一体構成の熱処理の二極分離機用流体回路の概略図である。

図5は本発明のPEM一体構成の湿度及び熱処理燃料電池の電気化学の概略図である。

図6Aと6Bは、金属の化学的エッチング処理により形成された単一レベルの深さと貫通した孔の表面パターン（図6A）とプラスチックの圧縮形成または射出形成により形成された多重レベルの深さと貫通した孔の表面パターン（図6B）を対照した図である。

図7は金属導電性プラスチックまたはメタライズ処理したプラスチック電流コ

図4Aは本発明の一体構成の湿度及び熱処理の二極分離機用流体回路の概略図である。

図4Bは本発明の一体構成の熱処理の二極分離機用流体回路の概略図である。

図5は本発明のPEM一体構成の湿度及び熱処理燃料電池の電気化学の概略図である。

図6Aと6Bは、金属の化学的エッチング処理により形成された単一レベルの

深さと貫通した孔の表面パターン(図6A)とプラスチックの圧縮形成または射出形成により形成された多重レベルの深さと貫通した孔の表面パターン(図6B)を対照した図である。

図7は金属導電性プラスチックまたはメタライズ処理したプラスチック電流コレクタの平面図であり、このコレクタの第一(上方)陰極部分は導電性電流プ



リッジ（下方部分）により接合され、この構造ではスクリーンの開口は細長くなっている。

図8A-Dは、金属製の電流コレクタマイクロスクリーン小板用の標準的であるが網羅的でない孔のパターンを示しており、図8Aは六角形、図8Bは楕円形、図8CはT字が交互に反転したパターン、図8Dはシェブロン（山形）が交互に反転したパターンである。

緑導電二極分離機板：

図9は、緑導電二極分離機を用いた燃料電池積層体のための2個電池サブアセンブリの分解等角図であり、窓枠と、図10と図11A-Gに示す本発明の一体構成の湿度、熱及び反応物流れ領域処理装置を備えている。

図10は、4小板複合緑導電二極分離機の一つの実施態様の分解等角図であり、本発明のIFMT燃料電池分離機のための窓枠と、一体構成の湿度、熱及び反応物流れ領域処理装置を備えている。

図11A-Gは、図10の4小板複合緑導電二極分離機の一つの実施態様の一連の詳細平面図であって、図11A-Cは、下に陽極マイクロスクリーンの正面を、上に陰極マイクロスクリーンの背面を一つのブリッジで連結した二重マイクロスクリーン小板（小板1と4）を示している。

図11Aは窓枠を有する単一電流ブリッジ二重マイクロスクリーン小板の正面図であり、標準的なマイクロスクリーンの孔パターンの実施態様を示す。

図11Bは図11Aの二重マイクロスクリーン小板の断面図である。

図11Cは窓枠の無い二重マイクロスクリーン小板の断面図である。

図11Dと11Eは、プラスチック陽極流れ領域小板（小板2）のそれぞれ正面図及び背面図である。

図11Fと11Gは、プラスチック陰極流れ領域小板（小板3）のそれぞれ正面図及び背面図である。

図12は緑導電二極分離機から製作した燃料電池積層体の2電池サブアセンブリの分解等角図であり、窓枠と、図14A-Gの一体構成の熱及び反応物流れ領域処理装置を備えている。

図13は、4小板複合線導電二極分離機の一つの実施態様の分解等角図であり、本発明のIFMT燃料電池分離機のための窓枠と、一体構成の湿度、熱及び反応物流れ領域処理装置を備えている。

図14A-Cは図13の4小板複合線導電性分離機の実施態様の一連の詳細平面図であり；これらの図において：

図14A-Cは下に陽極マイクロスクリーン小板の正面、下に陰極マイクロスクリーンの背面を一つのブリッジで連結した二重マイクロスクリーン小板（小板1と4）を示し；標準的なマイクロスクリーンの孔パターンの実施態様を示す。

図14Aは窓枠を有する単一電流ブリッジ二重マイクロスクリーン小板の正面図である。

図14Bは図14Aの二重マイクロスクリーン小板の断面図である。

図14Cは窓枠の無い二重マイクロスクリーン小板の断面図である。

図14Dと14Eは、プラスチック陽極流れ領域小板（小板2）のそれぞれ正面図及び背面図である。

図14Fと14Gは、プラスチック陰極流れ領域小板（小板3）のそれぞれ正面図及び背面図である。

図15は多重電流ブリッジ及び／またはタブを有するマイクロスクリーン小板の詳細平面図である。

図16は窓枠を有する4小板複合線導電二極分離機の一つの実施態様の分解等角図であって、4個の線導電電流ブリッジを備え、本発明のIFMT燃料電池分離機用の一体構成の湿度、熱処理及び反応物流れ領域処理装置を備えている。

図17は窓枠を有する母線導電二極分離機から製作した燃料電池積層体用の2電池サブアセンブリの分解等角図であって、図19A-Gの本発明の一体構成の熱及び反応物流れ領域処理装置を備えている。

図18は4小板複合母線導電二極分離機の一つの実施態様の分解等角図であって、本発明のIFMT燃料電池用の一体構成の湿度、熱及び反応物流れ領域処理装置を備えている。

図19A-Gは図18の4小板母線導電分離機の一つの実施態様の一連の詳細

平面図である。

図19Aは、図の右下において陽極（左側）と陰極（右側）の電流コレクタ小板（小板1と4）を示す。

図19Bは、陽極流れ領域小板（小板2）と、この上に向けられた陽極電流収集マイクロスクリーン（小板1）の一部の平面図である。

図19Cと19Dはプラスチック陽極流れ領域小板（小板2）のそれぞれ前方及び後方側面図である。

図19Eと19Fはプラスチック陰極流れ領域小板（小板3）のそれぞれ前方及び後方側面図である。

図19Gは陰極流れ領域小板（小板3）と陰極電流収集マイクロスクリーン（小板4）の一部の平面図である。

図20は母線導電二極分離機より作った燃料電池積層体用の2小板サブアセンブリの分解等角図であって、図22A-22Gの本発明の一体構成の熱及び反応物流れ領域処理装置を備えている。

図21は本発明のIRIT燃料電池用一体構成の熱及び反応物流れ領域処理装置を備えた4小板複合母線導電二極分離機の一つの実施態様の分解等角図である。

図22A-Gは図21の4小板母線導電分離機の実施態様の詳細平面図であり、これらの図において：

図22Aは同一の陽極及び陰極の電流コレクタマイクロスクリーン小板（小板1と4）の双方を図示する。

図22Bは、陽極流れ領域小板（小板2）と、陽極電流収集マイクロスクリーン（小板1）の一部の平面図である。

図22Cと22Dはプラスチック陽極流れ領域小板（小板2）のそれぞれ前方（22C）及び後方（22D）側面図である。

図22Eと22Fはプラスチック陰極流れ領域小板（小板3）のそれぞれ前方及び後方側面図である。

図22A-Gは図21の4小板母線導電分離機の実施態様の詳細平面図であり、これらの図において：

図22Aは同一の陽極及び陰極の電流コレクタマイクロスクリーン小板（小板1と4）の双方を図示する。

図22Bは、陽極流れ領域小板（小板2）と、陽極電流収集マイクロスクリーン（小板1）の一部の平面図である。

図22Cと22Dはプラスチック陽極流れ領域小板（小板2）のそれぞれ前方

図 2 2 C と 2 2 D は、ステンレス鋼陰極流れ領域小板（小板 2）のそれぞれ前方

（2 2 C）及び後方（2 2 D）側面図である。

図 2 2 E と 2 2 F はプラスチック陰極流れ領域小板（小板 3）のそれぞれ前方  
及び後方側面図である。

図 2 2 G は、陰極流れ領域小板（小板 3）と陰極電流収集マイクロスクリーン

(小板4)の一部の平面図である。

#### 導及び導電性部分の図

図23A-23Dは、図16の23-23線に沿って採った、図16の形式の分離機板中の中子プラスチック小板に関して導導電用に配列された金属製のマイクロスクリーンコレクタ板の各種の代替的構造を示す図である。

図24A-24Bは、図18の24-24線に沿って採った、図18の形式の分離機板アセンブリ用の導電性母線の二つの代替的構造を示す図である。

#### 小板、BSP及び電池製造工程

図25は、表面パターンが一定の深さと貫通するエッチング処理により形成される金属小板の連続的製造工程を示す流れ図である。

図26は圧縮成型法で表面パターンを形成し、積層接着法により複合二極分離機板を製作する、プラスチック小板の連続的製造工程を示す流れ図である。

図27は、本発明のIPMT原理による、個々の小板の設計のための写真平版を迅速に生成するように適合した工程の流れ図である。

#### 本発明を実施する最良の形態：

次の詳細な説明は、例のつもりであって、本発明の原理を限定するために説明のではない。この説明によって当業者が本発明を利用できることは明かであり、また、この説明は、我々が本発明を実施する最良の形態であると現在信じることを含めて、本発明の数個の実施態様、適用、変形及び代替方法及び使用方法である。

図1は、複数の多重型プレートレット (platelet) バイポーラセパレータ2A、B、C及び各々、一対のカソードとアノードユニポーラ-端部セパレータ3、4を使用した本発明の燃料電池スタック1を略断面図で示している。プロトンイオン交換型電極膜組立体 (EMA) 5A、B、C及びDは、示すようにセパレータの間に配置されている。空気および/またはO<sub>2</sub>はマニホールド系6から入り；H<sub>2</sub>および/または他の燃料はマニホールド7から入り；そして冷却/加湿水は、8で入り9から出て行く。

図2A及び2Bにおいて、図2Aは、加湿器がない場合の金属とプラスチック

又はセラミックプレートレット12が接合されて形成されたコンポジット型バイポーラセパレータ2の1つの実施態様の構造体を略断面図で示していて、一方、図2Bの加湿器15はプレートレット13用である。この図では、また、プレートの数及びタイプで様々な変形体も示していて、金属プレートレットの窪みのあるエッチング（即ち形状を形成）と、貫通エッチング（貫通形状を形成）の種々の組み合わせによるセパレータを構成するのに利用される。プラスチックプレートレット形状は、圧縮又は射出成形により形成される。例えば、図2Aは次のような4枚のプレートレット配置である：12-1はアノードマイクロスクリーン集電体であり；12-2はアノード流れ場プレートレットであり；12-3はカソード流れ場であり；そして12-4は、カソードマイクロスクリーン集電体である。金属アノードマイクロスクリーンプレートレット12-1は、伝導性電流ブリッジ14と電気的に接続されていて、この14はカソードマイクロスクリーン集電体12-4に電気的に接続されている。アノード流れ場プレートレットは、プラスチック又はセラミックから構成され、アノードの活性領域流れ場の蛇行型流路を提供する形状を含む。カソード流れ場プレートレットは、プラスチック又はセラミックから構成され、冷却水熱交換器及びカソード活性領域流れ場の蛇行型流路を提供する形状を含む。

同様に、図2Bも次のような4枚のプレートレット配置である：12-3は、アノードマイクロスクリーン集電体であり；13-2は、アノード流れ場プレートレットであり；13-3は、カソード流れ場であり；そして13-4は、カソードマイクロスクリーン集電体である。金属アノードマイクロスクリーンプレートレット13-1は、伝導性電流ブリッジ14と電気的に接続されていて、この14は、カソードマイクロスクリーン集電体13-4に電気的に接続されている。アノード流れ場プレートレットは、プラスチック又はセラミックから構成され、水素加湿流れ場、カソード加湿流れ場及び活性領域流れ場の蛇行型流路を提供する形状を含む。カソード流れ場プレートレットは、プラスチック又はセラミックから構成され、冷却水熱交換器、アノード水流れ場、空気加湿流れ場、及びカソード活性領域流れ場の蛇行型流路を提供する形状を含む。

図3は、本発明で使用されるタイプの電極膜組立体（EMA）H1の構造体の

部分分解図である。EMA H1は、図1のEMA5 (5A-D) に対応する。EMAは、アノード黒鉛電極H3、アノード触媒層H4、電解質膜H2、カソード触媒層H6、及び黒鉛カソード電極H5の積層体から構成されている。代表的EMA構造体では、両電極、触媒層及び電解質膜は、イオン伝導性コンポジット型構造体を形成するように接合された積層体である。

電極は、一般的に使用されているTorayのTGP-H090、黒鉛ペーパーが作製される。電解質膜と積層接合する前にコンポジット型白金触媒は、電極に堆積される。代表的触媒は、白金黒、カーボンブラック及び撥水剤の混合物である。一般的にカーボンブラック、Vulcan XC-72Rを使って白金黒を懸濁させる。テフロンを使用すると電極が撥水性となる。DuPontのテフロンPTFE懸濁物TFE027は、電極を処理するのに使用する代表的撥水剤である。DuPontのNafion (登録商標) は、PEM燃料電池で使用される標準的な電解質膜である。アノード電極及びカソード電極組立体、H8及びH7 (H<sub>2</sub>によって分けられる) は、各々両電極をNafionポリマーの5%溶液で処理すると積層接合が容易になる。積層接合の後には、温度と圧力の予め定められたスケジュールに従ってH8とH7の両電極組立体と、膜H2とをポリマーで接合させる。

バイポーラセパレータの概要：

図4Aは、統合型湿度及び熱管理IFMセパレータの単電池の流体流れ回路の略図である。この略図は、電気化学的電池の中心線D32で切断されている。中心線は電解質膜D2の中心を通っている。セパレータのアノード側は左側で、アノードと表示されてアノード流れ場プレートレット上に見られる形状を示している。セパレータのカソード側は右側でカソードと表示されてカソードの流れ場プレートレット上に見られる形状を示している。この略図によると、7個の流体管理装置が単一の接合コンポジット型セパレータに統合されていることは明かである。7個の機能は、カソード加湿水の蛇行型流路D10流れ場、水素加湿水蛇行型流路D18流れ場、アノード活性領域 蛇行型流路D21流れ場、アノード加湿水蛇行型流路D14、冷却水蛇行型流路D6熱交換器、カソード加湿蛇行型流路D26流れ場、及びカソード活性領域蛇行型流路D29流れ場である。

これらの機能は、一遍の内部マニホールドを使って接続される。このように機械的に流体及び熱を統合することが本発明の重要な要素である。

本発明の重要な要素である電解質膜D2を通る向流型加湿流れD1は、分子水の流れを表わす矢印方向によって明かである。向流型加湿は、アノード側の水（カソード水と呼ばれる）を使ってカソード空気（酸素）を加湿することにより実施される。同様に、カソード側の水（アノード水と呼ばれる）を使ってアノード水素を加湿する。I F M燃料電池では、電解質膜は加湿膜と固体電解質との二役を果たす。

電解質膜D2は、水和プロトンに対してイオン伝導性である。通常の操作ではアノード上に形成されるプロトンD3は、電気浸透圧により電解質膜を通過してカソードへ移動する。浸透圧により電解質膜を通過して移動するプロトンは、1個以上の会合水分子を運ぶので高出力の操作過程ではアノードが枯渇する。アノード水素を加湿するとこの問題は取まる。

空気は、僅か20%の酸素、と78%の窒素なので、カソード空気を加湿することも必要である。空気の酸素組成が低くなるのを補償するためにカソード流路は、相当する純酸素の設計値よりも大きい断面を持つ。比較的大きな流量を支持しながら妥当な圧力降下を維持するには比較的大きな断面が必要である。空気が大きい流量となると、カソードが枯渇しやすくなるが、カソード空気加湿によって緩和される。

アノード活性領域と水素加湿領域の領域比を変えること、及びカソード活性領域と空気（酸素）加湿領域の比を制御することにより、加湿の量の制御が達成される。アノードとカソードの一般的な領域比は、活性領域に対して15%ないし24%の加湿とすることである。

乾燥水素ガスは水素入口D16に入り、内部マニホールド及び供給回路を通過してアノード加湿蛇行型流路入口D17に達し、アノード加湿蛇行型流路D18を通ると水蒸気が付着し（水和され）、アノード加湿蛇行型流路出口D19を出て、内部の集合及び分配マニホールドを通過してアノード活性領域蛇行型流路入口D20に達し、水素が酸化されてプロトンと電子が生成するアノード活性領域蛇行型流路D21を通り抜けて、アノード活性領域蛇行型流路出口D22を通過して活



性

領域を離れ、内部の集合マニホールドを通り抜けて、最終的には、消耗された水素として水素出口D 2 3を通過して出て行く。

乾燥空気（酸素）は、空気（酸素）入口D 2 4に入り、内部マニホールド及び供給回路を通りカソード加湿蛇行型流路入口D 2 5に達し、カソード加湿蛇行型流路D 2 6を通ると水蒸気が付着し（水和され）、カソード加湿蛇行型流路出口D 2 7から流れ出て、内部の集合分配マニホールドを通りカソード活性領域蛇行型流路入口D 2 8に達し、空気（酸素）が電子とプロトンにより還元されて水が生成するカソード活性領域蛇行型流路D 2 9を通り抜けてカソード活性領域蛇行型流路出口D 3 0を通過して活性領域を離れて、内部の集合マニホールドを通り抜けて消耗された空気（酸素）と生成物の水として最終的に空気（酸素）出口D 3 1から出て行く。

冷却及び加湿水は冷却水入口D 2 4に入り、内部マニホールドを通過して冷却水蛇行型流路入口D 5に達し、冷却水蛇行型流路を通過して、電気化学的反應の生成物として発生する熱を吸収して、冷却水蛇行型流路出口D 7から流れ出て、内部マニホールドに入り、加湿水入口マニホールド接続部D 8に達し、2個の加湿水回路に供給される。加湿水入口マニホールド接続部D 8からの熱水は、内部マニホールドを通りカソード加湿水蛇行型流路入口D 9に達し、電解質膜D 2の両側の僅かな浸透圧によりカソード加湿水蛇行型流路D 10に入ってカソード空気（酸素）を加湿し、カソード加湿水蛇行型流路出口D 11から出て、内部マニホールドを通り、最終的に冷却水出口D 12から出て行く。

同様に、加湿水入口マニホールド接続部D 8からの熱水は、内部マニホールドを通りアノード加湿水蛇行型流路入口D 13に達し、電解質膜D 2の両側の僅かな浸透圧によりアノード加湿水蛇行型流路D 14に入ってアノード水素を加湿し、アノード加湿水蛇行型流路出口D 15から出て、内部マニホールドを通り、そして最終的に冷却水出口D 12から出て行く。

図4Bは、統合型熱（だけの）管理IFMセパレータの流体回路の略図である。この略図は、電気化学的電池の中心線E 18で切断されている。中心線は電解

質膜E1の中心を通っている。セパレータのアノード側は、左側にアノードと表示され、アノード流れ場プレートレット上にある燃料を示している。セパレータの

カソード側は右側にカソードと表示され、カソードの流れ場プレートレット上にある形状を示している。この略図によると、3個の流体管理装置が単一の接合コンポジット型セパレータに統合されていることが判る。3個の機能は：アノード活性領域蛇行型流路E10流れ場：冷却水蛇行型流路E5熱交換器：及びカソード及びカソード活性領域蛇行型流路E15流れ場である。これらの機能は、一連の内部の分配マニホールド及び集合マニホールドを使って接続されている。このように機械的に、流体及び熱を統合することが本発明の重要な要素である。

電解質膜E1は、水和プロトンに対してはイオン伝導性である。通常の操作では、アノード上に形成されたプロトンE2は、電気浸透圧により電解質膜を通過してカソードへ移動する。浸透圧により電解質膜を通過して移動するプロトンは、1個以上の会合水分子を運ぶので、高出力の操作過程ではアノードが枯渇する。低出力ではカソードからアノードへ水分子が逆拡散することによりこのことは緩和される。高出力では水素の外部加湿により緩和される。高出力で空気で操作するとカソードの枯渇が起こる。このことはカソード空気を外部から加湿することにより緩和される。

水素ガスは水素入口E8に入り、内部分配マニホールドと供給回路を通りアノード活性領域蛇行型流路入口E9に達し、水素が酸化されてプロトンと電子が生成するアノード活性領域蛇行型流路E10を通り過ぎてアノード活性領域蛇行型流路出口E11を通過して活性領域を離れ、内部集合マニホールドを通り抜けて消耗された水素として最終的に水素出口E12から出て行く。

空気（酸素）は、空気（酸素）入口E13に入り、内部分配マニホールド及び供給回路を通過して、カソード活性領域蛇行型流路入口E14に達し、電子とプロトンにより空気（酸素）が還元されて水を生成するカソード活性領域蛇行型流路E15を通り抜けて、カソード活性領域蛇行型流路出口E16と通り活性領域を離れ、内部集合マニホールドを通り抜けて消耗された空気（酸素）と生成物の

水として最終的に空気（酸素）出口E 17から出て行く。

冷却及び加湿水は、冷却水入口E 3に入り、内部マニホールドを通過して冷却水蛇行型流路入口E 4に達し、冷却水蛇行型流路を通過して、電気化学的反應の生成物として發生する熱を吸収して、冷却水蛇行型流路出口E 5から流れ出て、内部

マニホールドに入り、加湿水入口マニホールド接続部E 6に達し、内部マニホールドに入り、最終的に冷却水出口E 7から出て行く。

図5は、統合型の湿度及び熱管理燃料電池の総合的な電気化学的燃料電池操作を示している。図5の中心部分は、総合的な燃料電池の電気化学を示し、そして図3のH 1と相互参照される。アノード側にある $H_2$ は、触媒で酸化されて2個の電子（方向を示す矢印の先端で $2e^-$ で示されている）と、2個の水とプロトン（膜の中で $H^+ / H_2O$ で示されている）を生成する。金属マイクロスクリーンと接触している黒鉛電極により、この電子はアノード触媒サイトから離れる。水とプロトンは、電気浸透圧により湿式電解質膜（膜の中で $H^+ / H_2O$ で示されている）を通過してカソード触媒サイトに移動し、そのサイトで、このプロトンは $O_2$ と2個の電子（ $2e^-$ で示されている）と結合して生成物である水（ $H_2O$ ）を生成する。図5の上の部分と下の部分は、本発明の中心要素である、向流型加湿機構を示している。電解質膜は、固体セパレータ及び加湿膜として二役を果たす。図の上の部分は、アノード側の水により加湿される、カソード側の酸素ガスを示している。反対に、アノード側にある水素は、カソード側にある水により加湿される。

プレートレット図面の説明：

図6Aは、例えば化学薬品、プラズマ又は電気アークもしくは高圧流体によるエロージョン、等の技術によって金属プレートレットをエッチングすることにより形成された単一レベルの深さ17と貫通形状18の対比を示す図である。図6Bは、プラスチックプレートレット19を、エンボシング、圧縮又は射出成形することにより形成された多段階の窪み20、21及び貫通形状20を示している。化学薬品（溶剤）エッチング、又は前記のエロージョンもしくはプラズマ技術もプラスチックに使用してもよい。プレートレットは、原料プレートレット厚さ

の60%の形状の深さで設計するのが普通である。貫通形状18は、両側からの同時エッチングの程み形状17により形成される。エッチングすると、先端部23が残るエッチング貫通形状となる丸底の形状が得られる。このような先端部により貫通形状の流体流れ特性は大幅に変化するのでエッチングしたプレートレット部品を設計するときは考慮に入れなければならない。

図6Bは、圧縮成形で形成される形状が、金型の僅かな抜き勾配の付いた比較的直角状の形状となることを示している。これらの形状は、変えることが出来、しかも深さ20、21を予め選ぶことができる。圧縮成形のプラスチックプレートレットで深さをいろいろと変更すると、所与の深さのプロフィールを得るのに必要なプレートレットの数を少なくなり製造コストが大幅に下り、しかも設計の複雑さが大幅に減る。先端部が残らないので流体を解析するモデルは簡単になる。

図7は、示しているように細長の隙間の流れ場パターンZ1及びZ2を持つマイクロスクリーン集電体の平面図である。これらの細長の隙間は、プラスチック流体管理コアプレートレットの溝や流路と同等と見なして配置される。多段型スタックの設計では、細長の隙間型の流れ場パターンZ1及びZ2は好ましい実施態様である。

図8A~Dは、金属集電体マイクロスクリーンプレートレット用の典型的であるが、全て書き尽くしてはいないパターンを示していて、8Aは六角形であり、8Bは楕円面であり、8CはT字型であり、そして8Dは反転して交互に挿入された山形紋である。これらのパターンは、化学薬品加工、パンチング、又は薄い金属板を穿孔することにより作製される。マイクロスクリーンは、一定の間隔の穴で概ね65%が開けられている。穴の形状は、概ね8-20ミル(mil)で、ウェブ(web)が4-10ミルである。長軸と短軸が下地の蛇行型流路に整合して配列されている図8Aの六角形がマイクロスクリーンの好ましい実施態様である。六角形により穴とウェブとの寸法全体にわたって最も良好な設計管理が得られる。別の実施態様では、x字型(パターンの中に切れ目が入れられ、開かれそして平にされたシート)も有用である。

プレートレットセバレーク図面の詳細な説明:

コンポジット型金属／プラスチックセパレータに関して2つの主要な実施態様がある、即ち1個以上の電流ブリッジを含む端部伝導部、及び1個以上のバスバーを含む貫通伝導部である。この2個の実施態様は、端部伝導部の具体例から手始めに順次説明する：

端部伝導部の統合型湿度及び熱管理：

図9は、直列をなす2個の電池EMA F 3 Aと次の隣接EMA F 3 Bをサンドイッチ状に挟むセパレータF 2 A及びF 2 Bから成る電池スタックの単電池F 1の内部の分割等角図である。この図では、バイポーラセパレータのH<sub>2</sub>（アノード）側だけが見えるが、後記のように隠れた（カソード）側には対応する空気（酸素）ゾーンがある。バイポーラセパレータプレートにある大きい長方形領域が、EMAの電気化学的活性領域を受ける伝導性スクリーンであり、F 4 Aはアノード側を表し、一方F 4 C（隠れている）はカソード側を表している。この活性領域の上部と下部の小さい長方形領域は、各々、カソード水加湿領域F 6と、アノード水加湿流れ場F 5であり、後記で更に詳細に説明する。

EMA F 3 A及びF 3 Bは、対応する活性領域F 4 A、F 4 Cに合致する触媒被覆領域F 7 A及びF 7 Cを含む。反応体及び冷却水マニホールドは縁部にあるのが確認される。水素燃料は、水素吸入マニホールドF 9から入り、水素加湿流れ場F 5を通り抜けてアノード活性領域F 4 Aを通り、そして水素排出マニホールドF 8から出て行く。空気（酸素）は空気（酸素）吸入マニホールドから入り、空気（酸素）加湿流れ場F 14を通り抜け、カソード活性領域F 4 Cを通りそして空気（酸素）排出マニホールドF 12から出て行く。加湿及び熱管理用の水は、水吸入マニホールドF 11から入り、内部熱交換器を通り抜けてカソード水加湿領域F 6とアノード水加湿領域F 5とに分岐して流れる。水は、水排出マニホールドF 10から出て行く。マニホールドはバイポーラセパレータF 2及びEMA F 3を通っている。締め付けロッド穴F 16がバイポーラセパレータとEMAの縁部にあるのが確認される。

図10は、異なる3個のタイプのプレートから成る、本発明のコンポジット型4枚のプレートレット加湿型バイポーラIFMTセパレータF 2の分割等角図で

あり、プレートF17-1とF17-4は同一の形態の伝導性集電体マイクロスクリーンプレートレットである。形態は異なることがあってもよいが、同一であることが好ましいけれども、伝導性材料は、金属、伝導性プラスチック、伝導性セラミック、又はメッキもしくは真空蒸着によって金属化された表面を持つセラミックもしくはプラスチックであればよい。はぎ取られた部分が見える1個以上の端部電流ブリッジF18により電流は、2個のプラスチックコアプレートレットF17-2及びF17-3の周りで導かれる。アノードマイクロスクリーンシ

ール面F23によりマイクロスクリーンプレートレットの縁部でシールされるが、このF23には、反応体を取り囲むシール用突起部（示されていない）及び水マニホールドF93が含まれていてもよい。必要に応じて付けられるシール用突起部（示されていない）を使って活性領域及び加湿領域F19も同様に取り囲んでシールしてもよい。

プレートレットF17-1は、エッチング、パンチングもしくはそれ以外で形成された貫通穴、流路又はスロットの繰り返しパターンから成るアノード集電マイクロスクリーンである。プレートレットF17-2は、成形された窪みと貫通形状から成る、プラスチック又はセラミックアノード流れ場プレートレットである。プレートレットF17-2は、水素加湿流れ場F5、アノード活性領域流れ場F21、及びカソード水加湿領域F6を定義する形状を含む。プレートレットF17-2の正面は、プレートレットF17-3の熱管理回路F20に対して仕切部を形成する。プレートレットF17-3は、成形された窪みと貫通形状から成る、プラスチック又はセラミックカソード流れ場プレートレットである。プレートレットF17-3は、熱管理熱交換器F20、空気（酸素）加湿流れ場F14、カソード活性領域流れ場F22、及びアノード水加湿領域F15を定義する形状を含む。空気（酸素）加湿流れ場F14、カソード活性領域流れ場F22及びアノード水加湿領域F15は、プレートレットF17-3の正面にある。

全プレートとも、F17-2ないしF17-3、貫通して横断している縁部の通路、即ちマニホールドF93及び締め付けロッド穴F16は、図9のEMAF3のものと一致する。

図11A-Gは、本発明のIFM原理に従った図10の4枚プレートレットバ  
イポーラセパレータプレートの貫通及び窪み形状の1つの実施態様の各プレート  
レット及びその詳細を正面から見た一連の平面図である。プレートの展開は図1  
0に示す通りであり、数字の表記付きの“正面（フロント）”は、図10のアノ  
ード（前面）側から見たプレートの正面であり、一方、裏返すと、“背面（バック）”  
は、図10の各プレートレットの見えない面である。即ち、図面は、全て  
“アートワーク”即ちプレート正面（正面向き）である。シール用突起部が使用  
される時を除いてプレートレット1及び4は、本質的に同じである。図11A-

11Cは、プレートレット1の正面と、電流ブリッジF18により接続されるブ  
レートレット4の背面を示す平面図である。アノードプレートレット集電体マイ  
クロスクリンF17-1は手前に示され、一方、奥にあるカソードプレートレ  
ット集電体マイクロスクリンF17-4と、中央部の電流ブリッジF18によ  
り接合されている。アノード及びカソード集電体マイクロスクリンプレートレ  
ットは、マイクロスクリンを定義する貫通形状で構成されている（網かけで示  
されている）。これらの形状は、図7及び8で示しているように多様な形状と寸法  
が可能である。

図11Aに示すように、アノード集電体マイクロスクリンプレートレットF  
17-1の形状は、カソード水加湿領域F6、アノード活性領域F4A、及び水  
素加湿流れ場F5を定義する。必要に応じてシール用突起部付きのシール面F2  
3は、活性領域及び加湿領域F19を取り囲む。アノード流れ場プレートレット  
F17-2の分配及び集合マニホールドのマニホールド仕切部は、アノードマイ  
クロスクリンマニホールド仕切部F25により形成される。カソード集電体マ  
イクロスクリンプレートレットF17-4形状は、空気（酸素）加湿流れ場F  
14、カソード活性領域F4C及びアノード水加湿領域F15を定義する。必要  
に応じてシール突起部付きのシール面F24は、活性領域及び加湿領域F19を  
取り囲む。アノード流れ場プレートレットF17-3の分配及び集合マニホー  
ルドのマニホールド仕切部は、カソードマイクロスクリンマニホールド仕切部F  
26により形成される。

図11Bは、窪み付きのフロントガラス状の典型的な金属マイクロスクリーン集電体プレートレットの平面及び断面図である。アノード集電体マイクロスクリーンの窪みF31、カソード集電体マイクロスクリーンの窪みF90、横断の縁部通路、即ちマニホールドF93、アノードマイクロスクリーンシール面F23、カソードマイクロスクリーンシール面F24、アノードマイクロスクリーンマニホールド仕切部F25、及びカソードマイクロスクリーンマニホールド仕切部F16が、平面形状及び断面図で示されている。フロントガラス状の窪みF31及びF90の深さは、アノード及びカソード流れ場プレートレットF17-2及びF17-3の窪みの深さと合致するように設計される。

図11Cは、窪みのないフロントガラス状の金属マイクロスクリーン集電体プレートレットの平面及び断面図である。横断の縁部通路、即ちマニホールドF93、アノードマイクロスクリーンシール面F23、カソードマイクロスクリーンシール面F24、アノードマイクロスクリーンマニホールド仕切部F25、及びカソードマイクロスクリーンマニホールド仕切部F16が、平面形状及び断面図で示されている。

図11Dは、プラスチックアノード流れ場プレートレットF17-2フロントの正面を示している。このプレートレットは、貫通部も窪みも付いた形状である。主な貫通部の形状は、締め付けロッド穴F16、即ち横断しているマニホールド；水素排出マニホールドF8、水素吸入マニホールドF9、水吸入マニホールドF10、水排出マニホールドF11、空気（酸素）排出マニホールドF12及び空気（酸素）吸入マニホールドF13である。他の貫通した形状は、水素入口穴F32、水素出口穴F35、カソード加湿水入口穴F44、及びカソード加湿水出口穴F41である。アノード流れ場プレートレットの正面にある主な窪み形状は、水素加湿蛇行型流路F36、アノード活性領域蛇行型流路F39及びカソード加湿水蛇行型流路F43である。これらの形状は、装置の流量及び圧力降下を最適化するように設計される。

アノードに対する水素燃料は、水素燃料パイプ（v i a s）F32を通過して加湿領域に入り、水素分配マニホールド入口F33を通り水素分配マニホールドF



27に入り、そして水素蛇行型流路入口F34を通る2個の水素蛇行型流路F36に分配される。水素ガスは、水素加湿蛇行型流路F36と接触している透水性電解質膜により加湿される。加湿された水素は、水素蛇行型流路出口F37を通り加湿領域から離れ、水素集合マニホールドF28に入り、そしてアノード活性領域分配マニホールドF29を通過してアノード活性領域蛇行型流路入口F38を通過してアノード活性領域蛇行型流路F39の中に入る。活性領域の内部で水素は、EMAのアノード側で触媒で酸化されると電子とプロトンを生成する。プロトンは、アノードの触媒サイトから電解質膜を通過してカソードへ移動する。電子は黒鉛電極によりアノードの触媒サイトから引き寄せられる。黒鉛電極からの電子はアノード集電体マイクロスクリーンF17-1によって集められて縁部伝導

部F18によりコンポジット型バイポーラセパレータを通過して導かれる。

消耗した水素は、アノード活性領域蛇行型流路出口F40を経て活性領域を離れ、水素集合マニホールドF31に入り、最終的に水素出口F35から出て行く。

カソード（空気（酸素））加湿用の熱水は、カソード加湿水入口穴F44から入り、カソード加湿水蛇行型流路入口F45を通過して、カソード加湿水蛇行型流路F43に入り、カソード加湿水蛇行型流路出口F42を通過して出て行き、そしてカソード加湿水出口穴F41から離れる。この蛇行型流路を通過して流れる熱水の一部は浸透圧により電解質膜を通過してカソード空気（酸素）を加湿する。

アノード集電体マイクロスクリーンプレートレットF17-1は、アノード流れ場プレートレットF17-2と接合されていて、水素分配マニホールドF27のマニホールド仕切部を形成する。

必要に応じてアノードマイクロスクリーン窓F31は、図11Bに示すアノードマイクロスクリーン窓F31により、対応するアノード集電体マイクロスクリーンプレートレットF17-1を受ける。アノード集電体マイクロスクリーン窓F31の深さは、アノード集電体マイクロスクリーンプレートレットF17-1の表面がアノード流れ場プレートレットF17-2の表面と同じ平面を成すように設定されるか、或いは電極膜組立体の黒鉛ペーパー電極を受け入れる窓

みを形成するように設定されてもよい。

図11Eは、プラスチックアノード流れ場プレートレットF17-2-バックの背面を示している。このプレートレットは、貫通形状も窪み形状も持っている。主な貫通形状は、締め付けロッド穴F16、即ち横断マニホールド；水素排出マニホールドF8、水素吸入マニホールドF9、水吸入マニホールドF10、水排出マニホールドF11、空気（酸素）排出マニホールドF12、及び空気（酸素）吸入マニホールドF13である。他の貫通形状は、水素入口穴F32、水素出口穴F35、カソード加湿水入口穴F44、及びカソード加湿水出口穴F41である。主な窪み形状は、水素吸入流路F47、水素排出流路F50、空気（酸素）排出流路F53、及び空気（酸素）出口パイアベースF55である。アノード流れ場プレートレットF17-2の大半の表面は、カソード流れ場プレートレットF17-3での冷却水流路用の仕切部として使用される。

水素は、水素吸入マニホールドF9から入り、水素吸入流路入口F48を通り、水素吸入流路F47に入り、水素吸入流路出口F46を通り、そして最終的に水素入口穴F32に入る。水素は、水素入口穴F32を通過して図11Dのアノード流れ場プレートレットの背面から正面へ流れる。活性領域から出て来る消費された水素は、水素出口穴F35を通りアノード流れ場プレートレットへ戻り、水素排出流路入口F49へ入り、水素排出流路F50及び水素排出流路出口F51を通り、最終的に水素排出マニホールドF8を通過して出て行く。

消費された空気（酸素）は、空気（酸素）出口穴F55を通過してカソード加湿及び活性領域から除去されて、空気（酸素）排出流路入口F54、空気（酸素）排出流路F53、空気（酸素）排出流路出口F52を通り、最終的に空気（酸素）排出マニホールドに入る。

図11Fは、プラスチックカソード流れ場プレートレットF17-3フロントの正面を示している。このプレートレットは貫通形状も窪み形状も持っている。主な貫通形状は、締め付けロッド穴F16、即ち横断マニホールド；水素排出マニホールドF8、水素吸入マニホールドF9、水吸入マニホールドF10、水排出マニホールドF11、空気（酸素）排出マニホールドF12、及び空気（酸素）

）吸入マニホールドF13である。他の貫通形状は、空気（酸素）入口穴F60、空気（酸素）出口穴F61、アノード加湿水入口穴F58、及びアノード加湿水出口穴F57である。主な窪み形状は、冷却水蛇行型流路F62、加湿水吸入マニホールドF64、及び加湿水排出マニホールドF63である。

冷却水は冷却水吸入マニホールドF10を通過して、冷却水流路入口F65、冷却水流路F66に入り、最終的に冷却水蛇行型流路入口F67を通過して冷却水蛇行型流路F62に入る。冷却水蛇行型流路を通過して流れる時に、この冷却水は、電気化学的反応の副生物である熱を吸収する。熱水は、冷却水蛇行型流路出口F68から出て、そして加湿水吸入マニホールド接続部F69に入り、加湿水吸入マニホールドF64の中を通過し、加湿水カソード出口F70とカソード水加湿入口穴F56を通過して出るか、或るいは加湿水アノード出口F71とアノード水加湿入口穴F58を通過して外へ出る。熱水は、拡散活量が高いので、加湿用として使用される。

空気（酸素）は、空気（酸素）吸入マニホールドF13からカソードへ入り、空気（酸素）吸入流路入口F72へ入り、空気（酸素）吸入流路F73を通過して、空気（酸素）吸入流路出口F74に入り、そして空気（酸素）入口穴F60を通過して、カソード加湿及び活性領域へ流れる。空気（酸素）は、空気（酸素）加湿流路を通過する間に加湿されて、図11Gに示すカソード活性領域で消費される。消費された空気（酸素）及び生成物である水は、アノード流れ場プレートレットF17-2で空気（酸素）出口流路を通過して空気（酸素）排出マニホールドF12と接続している空気（酸素）出口穴F61を経て出て行く。

図11Gは、プラスチックカソード流れ場プレートレットF17-3バックの背面を示している。このプレートレットは貫通形状も窪み形状も持っている。主な貫通形状は、締め付けロッド穴F16、即ち横断マニホールド：水素排出マニホールドF8、水素吸入マニホールドF9、水吸入マニホールドF10、水排出マニホールドF11、空気（酸素）排出マニホールドF12、空気（酸素）吸入マニホールドF13である。他の貫通形状は、空気（酸素）入口穴F60、空気（酸素）出口穴F61、アノード加湿水入口穴F58、及びカソード加湿水出口

穴F59である。カソード流れ場プレートレットの主な窪み形状は、空気（酸素）蛇行型流路F80、カソード活性領域蛇行型流路F86、及びアノード加湿水蛇行型流路F77である。

カソード用の空気（酸素）は、空気（酸素）入口穴F60より加湿領域に入り、空気（酸素）分配マニホールド入口F78を通過して空気（酸素）分配マニホールドF79に入り、そして空気（酸素）蛇行型流路入口F80を経て2本の空気（酸素）蛇行型流路F81に分配される。空気（酸素）ガスは、空気（酸素）加湿蛇行型流路F81と接触している透水性電解質膜により加湿される。加湿された空気（酸素）は、空気（酸素）蛇行型流路出口F82を通過して加湿領域を離れ、空気（酸素）加湿集合マニホールドF83に入り、そしてカソード活性領域分配マニホールドF84に入り、カソード活性領域蛇行型流路入口F85を通過してカソード活性領域蛇行型流路F86に入る。この活性領域内部では、酸素は、アノードからプロトンと電子を受けて触媒還元により水を生成する。電子は電流ブリッジF18を経由してアノードからカソードへ流れて、カソード集電体マイクロ

スクリーンF17-4に入り、BMAのカソード黒鉛電極を通り、最終的に、電子がカソードの触媒サイトとドッキングして、そこでは、電子はアノードで発生したプロトンと酸素と反応して余剰の熱と生成物である水を生成する。消費された空気（酸素）及び生成水は、カソード活性領域蛇行型流路出口F87を経て活性領域を離れ、空気（酸素）集合マニホールドF88へ入り、空気（酸素）集合マニホールド出口F89を経て、最終的に空気（酸素）出口穴F61から出て行く。

アノード（水素）加湿用の熱水は、アノード加湿水入口穴F58から入り、アノード加湿水蛇行型流路入口F76を通過して、アノード加湿水蛇行型流路F77に入り、アノード加湿水蛇行型流路出口F75を通過して出て行き、そしてアノード加湿水出口穴F59から離れる。この蛇行型流路を通過して流れる熱水の一部は浸透圧により電解質膜を通過してアノード水素を加湿する。

プレートレットF17-3は、必要に応じてカソード集電体マイクロスクリー

ン窓みF90を持つ場合があるプレートレットF17-4と接合されて、空気（酸素）加湿分配マニホールドF79のマニホールド仕切部、空気（酸素）加湿集合マニホールドF83、カソード活性領域分配マニホールドF84、及びカソード活性領域集合マニホールドF88を形成する。

カソード集電体マイクロスクリーン窓みF90の深さは、カソード集電体マイクロスクリーンプレートレットF17-4の表面が、カソード流れ場プレートレットF17-3の表面と同一平面を成すように設定されるか、或いは図9のF3の電極膜組立体の黒鉛ベーパー電極を受ける窪みを形成するように設定されてもよい。

端部伝導部の統合熱管理：

図12は、EMA G3Aをサンドイッチ状に挟み、かつスタックの中で次の隣接する電池のEMA G3Bと接触しているセパレータG2A及びG2Bから成るスタックの単電池G1の分解等角図である。この図では、バイポーラセパレータのH<sub>2</sub>（アノード）側だけが見えるが、後記のように隠された（カソード）側に対応するO<sub>2</sub>ゾーンがある。大きい長方形領域G4Aは、この電池の活性領域であり、G4Aがアノード側を表しG4Cがカソード側を表す。

EMA G3A及びG3Bは、対応する活性領域G4A、G4Cと合致する触媒被覆領域G7A及びG7Cを含む。反応体及び冷却水マニホールドが縁部にあることが確認される。水素燃料は、水素吸入マニホールドG7から入り、アノード活性領域G4Aを通過して流れて、水素排出マニホールドG6から出る。空気（酸素）は、空気（酸素）吸入マニホールドG10から入り、カソード活性領域G4Cを通過して流れ、空気（酸素）排出マニホールドG11から出る。熱管理用の冷却水は、水吸入マニホールドG9から入り、内部熱交換器を通過して流れ、そして水排出マニホールドG8から出る。反応体及び冷却水の出入り用の横断マニホールドG6、G7、G9、G11、G10及びG12は、バイポーラセパレータG2及びEMA G3を貫通している。締め付けロッド穴G12がバイポーラセパレータとEMAの縁部にあるのが確認される。

EMA G3A及びG3Bは、対応する活性領域G4A、G4Cと合致する触媒被覆領域G7A及びG7Cを含む。反応体及び冷却水マニホールドが縁部にあることが確認される。水素燃料は、水素吸入マニホールドG7から入り、アノード活性領域G4Aを通過して流れて、水素排出マニホールドG6から出る。空気（酸素）は、空気（酸素）吸入マニホールドG10から入り、カソード活性領域G4Cを通過して流れ、空気（酸素）排出マニホールドG11から出る。熱管理用の冷却水は、水吸入マニホールドG9から入り、内部熱交換器を通過して流れ、そして水排出マニホールドG8から出る。反応体及び冷却水の出入り用の横断マニホールドG6、G7、G9、G11、G10及びG12は、バイポーラセパレータG2及びEMA G3を貫通している。締め付けロッド穴G12がバイポーラセパレータとEMAの縁部にあるのが確認される。

冷却水は、水素入マニホールドG7から入り、反応体入液管を通り流れ、そして水排出マニホールドG8から出る。反応体及び冷却水の出入り用の横断マニホールドG6、G7、G9、G11、G10及びG12は、バイポーラセパレータG2及びEMA G3を貫通している。締め付けロッド穴G12がバイポーラセパレータとEMAの縁部にあるのが確認される。

図13は、3個の異なるタイプのプレートから成る、本発明の4枚プレートレ

ット型バイポーラIFMTセバレータG2の分解等角図であって、プレートG13-1とG13-4は、破線で部分的に見える電流ブリッジG14により接続されている同一の集電体マイクロスクリーンプレートレットである。プレートレットG13-1は、貫通エッチング、又はパンチングされた穴の繰り返しパターンから成るアノード集電体マイクロスクリーンである。プレートレットG13-2は、成形された窓みと貫通形状から成るプラスチック又はセラミックアノード流れ場プレートレットである。プレートレットG13-2は、アノード活性領域流れ場G16を定義する形状を含む。プレートレットG13-2の正面は、プレートレットG13-3の熱管理回路G17の仕切部を形成する。プレートレットG13-3は、成形された窓みと貫通形状から成るプラスチック又はセラミックアノード流れ場プレートレットである。プレートレットG13-3は、熱管理熱交換器G17及びカソード活性領域流れ場G18を定義する形状を含む。カソード活性領域流れ場G18は、プレートレットG13-3の正面にある。マイクロスクリーンプレートレットG13-1及びG13-2の縁部でシールが行われる。必要に応じてシール用突起部（示されていない）を使って活性領域G4A及びG4Cの回りのシールを行なってもよい。

プレートG13-2ないしG13-3の全てのプレートでは、貫通して横断する縁部通路、即ちマニホールドG15及び締め付けロッド穴G12は、図12のEMA G3のそれらのものと合致する。

図14A-G及びGは、本発明のIFM原理に従って図13の4枚プレートレット型バイポーラセバレータプレートの貫通及び窓み形状の1つの実施態様の各プレートレット正面の平面図及び詳細を連続して示している。プレートレット及び正面/背面の展開は図11A-Gの展開と同じである。

図14Aは、アノード及びカソード集電体マイクロスクリーンプレートレットG13-1及びG13-4の平面図であり、下側がアノード面で上側がカソード面である。このマイクロスクリーンの貫通した形状は、図8に示すものとは異なる形状及び寸法でもよい。アノード集電体マイクロスクリーンプレートレットは、アノード活性領域G4Aを定義する形状である。必要に応じてシール用突起部

G 6 0 (局所透視図で示されている) 付きのシール面 G 1 9 が活性領域 G 4 A を取り囲んでいる。アノード流れ場プレートレット G 1 3 - 2 の分配及び集合マニホールドのマニホールド仕切部は、アノードマイクロスクリーンマニホールド仕切部 G 2 1 により形成されている。

カソード集電体マイクロスクリーンプレートレット G 1 3 - 4 は、カソード活性領域 G 4 C を定義する。必要に応じてシール用突起部付きのシール面 G 2 2 がカソード活性領域 G 4 C を取り囲んでいる。アノード流れ場プレートレット G 1 3 - 3 の分配及び集合マニホールドのマニホールド仕切部は、アノードマイクロスクリーンマニホールド仕切部 G 2 2 により形成される。

図 1 4 B は、金属マイクロスクリーン集電体プレートレットの平面図と並んで、右から見たフロントガラスの窪み部の断面である。2 個のプレートレット G 1 3 - 1 及び G 1 3 - 4 は、電流ブリッジ G 1 4 で連結されている。アノード集電体マイクロスクリーン窪み部 G 2 5、カソード集電体マイクロスクリーン窪み部 G 5 9、横断する縁部通路、即ちマニホールド G 1 5、アノードマイクロスクリーンシール面 G 1 9、カソードマイクロスクリーンシール面 G 2 0、アノードマイクロスクリーンマニホールド仕切部 G 2 1、及びカソードマイクロスクリーンマニホールド仕切部 G 2 2 が平面図及び断面図で示されている。フロントガラス型窪み部 G 2 5 及び G 5 9 の深さは、アノード及びカソード流れ場プレートレット

G 1 3 - 2 及び G 1 3 - 3 の窪み部の深さに合わせて設計される。

図 1 4 C は、フロントガラス型の窪み部のない金属マイクロスクリーン集電体プレートレットと並んで、その対応する平面を右から見た断面である。2 個のプレートレット G 1 3 - 1 及び G 1 3 - 4 は電流ブリッジ G 1 4 により連結されている。横断する縁部通路、即ちマニホールド G 1 5、アノードマイクロスクリーンシール面 G 1 9、カソードマイクロスクリーンシール面 G 2 0、アノードマイクロスクリーンマニホールド仕切部 G 2 1、及びカソードマイクロスクリーンマニホールド仕切部 G 2 2 が平面図及び断面図で示されている。

図 1 4 D は、プラスチックアノード流れ場プレートレット G 1 3 - 2 フロント



の正面を示している。このプレートレットは、貫通形状も窪み形状も持っている。主な貫通形状は、締め付けロッド穴G12、即ち横断マニホールド；水素排出マニホールドG6、水素吸入マニホールドG7、水吸入マニホールドG8、水排出マニホールドG9、空気（酸素）排出マニホールドG11、及び空気（酸素）吸入マニホールドG10である。他の貫通形状は、水素入口穴G26と水素出口穴G28である。アノード流れ場プレートレットの正面の主な窪み形状は、アノード活性領域蛇行型流路G31、アノード活性領域分配マニホールドG32及びアノード活性領域集合マニホールドG24である。これらの形状は、成形、及び装置の圧力降下が最適になるように設計される。

アノード活性領域用の水素燃料は、水素入口穴G26から入り、アノード活性領域分配マニホールド入口G27を通り抜けて、アノード活性領域分配マニホールドG23に入り、アノード活性領域蛇行型流路入口G30からアノード活性領域蛇行型流路G31に入る。活性領域内では、水素は、E MAのアノード側で触媒で酸化されて、電子とプロトンを生成する。プロトンは、アノード触媒サイトから電解質膜を通り抜けてカソードへ移動する。電子は、黒鉛電極によりアノード触媒サイトから引き寄せられる。黒鉛電極からの電子は、アノード集電体マイクロスクリーンG13-1によって収集されて、タブ（tab）即ちG14によりカソードマイクロスクリーンG13-4まで導かれる。

消費された水素は、アノード活性領域蛇行型流路出口G32から活性領域を出て、アノード活性領域集合マニホールドG24の中に入り、その活性領域集合マ

ニホールド出口G29を通過して、最終的に水素出口穴G28から出て行く。

プレートレットG13-1は、アノード集電体マイクロスクリーン窪み部G25の中に接合されていて、アノード活性領域分配マニホールドG23及びマニホールド仕切部を形成する。

アノード集電体マイクロスクリーン領域G25の深さは、アノードマイクロスクリーンプレートレットG13-1の表面が、アノード流れ場プレートレットG13-2の表面と同一平面を成すように選ばれるか、或いは電極膜組立体の黒鉛ペーパー電極を受け入れる窪みを形成するようにへこまされてもよい。

図14Eは、プラスチックアノード流れ場プレートレットG13-2バックの背面を示している。このプレートレットは、貫通形状も窪み形状も持っている。主な貫通形状は、締め付けロッド穴F12、即ち横断マニホールド；水素排出マニホールドG6、水素吸入マニホールドG7、水吸入マニホールドG9、水排出マニホールドG8、空気（酸素）排出マニホールドG11、空気（酸素）吸入マニホールドG10である。他の貫通形状は、水素入口穴G28、水素出口穴G26、である。主な窪み形状は、水素吸入流路G34、水素排出流路G37である。アノード流れ場プレートレットG13-2の大半の表面は、カソード流れ場プレートレットG13-3での冷却水流路用の仕切部として使用される。

水素は、水素吸入マニホールドG7から入り、水素吸入流路入口G35を通り、水素吸入流路G34に入り、水素吸入流路出口G33を通り、そして最終的に水素入口穴G26に入る。水素は、水素入口G26を通して図14Dのアノード流れ場プレートレットの背面から正面へ流れる。活性領域から出て来る消耗された水素は、水素出口G28を通りアノード流れ場プレートレットへ戻り、水素排出流路入口G36へ入り、水素排出流路G37及び水素排出流路出口G38を通り、最終的に水素排出マニホールドG6を通して出て行く。

図14Fは、プラスチックカソード流れ場プレートレットG13-3フロントの正面を示している。このプレートレットは、貫通形状も窪み形状も持っている。主な貫通形状は、締め付けロッド穴G12、即ち横断マニホールド；水素排出マニホールドG6、水素吸入マニホールドG7、水吸入マニホールドG9、水排出マニホールドG8、空気（酸素）排出マニホールドG11、空気（酸素）吸入マ

ニホールドG10である。他の貫通形状は、空気（酸素）入口穴G44、及び空気（酸素）出口穴G45である。主な窪み形状は、冷却水蛇行型流路G46、空気（酸素）出入り流路G50及びG40である。

冷たい冷却水は、冷却水吸入マニホールドG49を通して入り、冷却水蛇行型流路入口G47に入り、そして冷却水蛇行型流路入口G46の中を通る。冷却水蛇行型流路を通して流れる時に、この冷却水は、電気化学的反応副生物である熱

を吸収する。熱水は、冷却水蛇行型流路出口G48から出て、最終的に冷却水排出マニホールドG8を通過して出る。

空気（酸素）は、空気（酸素）吸入マニホールドG10から入り、空気（酸素）吸入流路入口G49を通過し、空気（酸素）吸入流路G50に入り、空気（酸素）吸入流路出口G51を通過し、そして最終的に図14Dのカソード流れ場G13-3の空気（酸素）入口穴G44とつながっている空気（酸素）入口パイアベースG42に入る。空気（酸素）入口穴G44は、空気（酸素）をカソード活性領域流れ場へ送る。

消耗された空気（酸素）は、空気（酸素）パイアG45（図14G）よりカソード活性領域から分かれて空気（酸素）出口パイアベースG28へ入り、空気（酸素）流路入口G36の中へ入り、空気（酸素）排出流路G37を通過し、空気（酸素）流路出口G38を通過して最終的に空気（酸素）排出マニホールドG6から出て行く。

図14Gは、プラスチックカソード流れ場プレートレットG13-3バックの背面を示している。このプレートレットには、貫通形状も窪み形状もある。主な貫通形状は、締め付けロッド穴G12、即ち横断マニホールド：水素排出マニホールドG6、水素吸入マニホールドG7、水吸入マニホールドG9、水排出マニホールドG8、空気（酸素）排出マニホールドG11、及び空気（酸素）吸入マニホールドG10である。他の貫通形状は、空気（酸素）入口パイアG45及び空気（酸素）パイアG45である。カソードプレートレットの主な窪み形状は、カソード活性領域分配マニホールドG53、カソード活性領域集合マニホールドG57、及びカソード活性領域蛇行型流路G55である。

カソード用の空気（酸素）は、空気（酸素）入口パイアG44から加湿領域へ入り、カソード分配マニホールド入口G52を通過し、カソード分配マニホールドG53に入り、そしてカソード活性領域蛇行型流路入口G54を通過してカソード活性領域蛇行型流路G55へ分配される。この活性領域内で、酸素は触媒で還元され、アノードからのプロトンと電子を受けて生成物である水を生成する。電子は、電流ブリッジG14を経由してアノードからカソードへ流れ、カソード集電

体マイクロスクリーン13-4に入り、EMAに基づくカソード黒鉛電極を通りそして最終的に、電子は、カソード触媒サイトとドッキングして、そこでアノードで発生したプロトンと酸素と反応して、余剰の熱と生成物である水を生成する。消耗された空気（酸素）及び生成物の水は、カソード活性領域蛇行型流路出口G56を経由して活性領域を離れて、カソード活性領域集合マニホールドG57に入り、空気（酸素）集合マニホールド出口G58を通り、最終的に空気（酸素）排出流路G40及び図14Fのカソード流れ場プレートレット13-3の空気（酸素）排出マニホールドG11とつながっている空気（酸素）出口穴G45から出て行く。

図15は、アノード（下側）及びカソード（上側）集電体マイクロスクリーンプレートレットF17-1及びF17-4で、その各々には電流ブリッジF18と多数の電流タブが付いている。アノード集電体マイクロスクリーンプレートレット形状が、カソード水加湿領域F6、アノード活性領域F4A、及び水素加湿流れ場F5を定義する。3個の導電用タブF94がプレートレットF17-1の縁部から突き出ている。これらの電流タブは、プレートレットF17-4の3個の対応する電流タブと噛み合い、そしてスポット溶接、マイクロブレージング、はんだ付け又は導電性接着剤での接着により接合される。所与のシール用突起部F95の必要な電流搬送要件の機能が任意なので電流ブリッジの数は予め決められる。

カソード集電体マイクロスクリーンプレートレットF17-4形状が空気（酸素）加湿流れ場F14、カソード活性領域F4C、及びアノード水加湿領域F15を定義する。3個の導電用タブF94がプレートレットF17-1の縁部から突き出ている。これらの電流タブは、プレートレットF17-4の3個の対応する電流タブと噛み合い、そしてスポット溶接、マイクロブレージング、はんだ付

け又は導電性接着剤での接着により接合される。

反応体及び冷却水用の貫通マニホールドF93、及び締め付けロッド穴F16は、図14Aに具体的に示す単一の電流ブリッジに対して同じ縁部側に配置されている。

図16は、3個の異なるタイプから成る、本発明の4枚プレートレット式加湿型バイポーラIFMTセパレータF2の分解等角図であって、プレートF17-1及びF17-4は、前記のように同一の集電マイクロスクリーンプレートレットである。電流は、端部電流ブリッジF18及び3個の接合型電流タブF94により2個のプラスチックコアプレートレットF17-2及びF17-3の周りで導かれる。

プレートレットF17-1は、貫通型エッチング又はパンチングされた穴の繰り返しパターンから成るアノード集電マイクロスクリーンである。プレートレットF17-2は、成形による窪み形状と貫通形状から成るプラスチック又はセラミックアノード流れ場プレートレットである。プレートレットF17-3は、成形による窪み形状と貫通形状から成るプラスチック又はセラミックカソード流れ場プレートレットである。プレートレットF17-4は、貫通型エッチング又はパンチングされた穴の繰り返しパターンから成るカソード集電マイクロスクリーンである。

母線伝導による総合的湿度および熱管理

図17は、隣接する電池のB15 A3Bと接続しているB14 A3Aを間に挟んでいるセパレータA2AとA2Bとから成る積層の内部の単一電池A1の分解組立等角図である。プレート配列および図は上記の通りである。マイクロスクリーンA4Aはアノード側を示し、A4Cはカソード側を示し、これらは下記に詳細に説明される内部母線により接続される。アノード水素加湿流れ場A5およびカソード水加湿区域A6はセパレータ上に存在し、以下にさらに詳細に説明される。

B14のA3AとA3Bは触媒で覆われた区域A7AとA7Cを含むが、これらは対応する活性区域A4A、A4Cと同等である。反応体および冷却水のマンホールがその縁上に見える。水素燃料は水素吸入マンホールA9を経て入り、水素加湿流れ場A5の中を流れ、アノード活性区域A4Aを通過して、水素排出マンホールA8から出る。空気（酸

素）は空気（酸素）吸入口マンホールから入り、空気（酸素）加湿流れ場A14の中を流れ、カソード活性区域A4Cを通過して、空気（酸素）排出マンホールA12

から出る。加湿および熱管理用の水は水の吸入口マンホールA11から入り、内部の熱交換機の中を流れ、カソード水加湿区域A8とアノード水加湿区域A5とに分流する。水は水排出マンホールA10から外に出る。マンホールは二極性セパレーターA2とB4 A3との間を通り抜けている。締付けロットの穴A18が二極性セパレーターとB4の縁上に見える。

図18は、3つの異なる型のプレートから成る本発明の4プレートレット加湿二極性IRMTセパレーターの分解組立等角図であり、プレートA17-1およびA17-4は同一の集電マイクロスクリーンプレートレットである。電流は1個以上の内部母線A18により2枚のプラスチックコアのプレートレットA17-2およびA17-3の中を伝導される。2つの長方形横断面の母線が描かれているが、どんな数、幾何学的横断面および方向もスクリーンの範囲内またはその外側の両方で使用してもよい。マイクロスクリーンのプレートレットの縁の周囲はプラスチックコアプレートレットA17-2およびA17-3により密着され、反応体と水マンホールの周りおよび活性区域A21、A22および加湿区域A5、A6、A14、A15、A19の周りに密着による継ぎ目の敵ができる（図には示されていない）。

2つの金属製集電マイクロスクリーンプレートレットA17-1（アノード）およびA17-4（カソード）は同等のものである。プレートレットA17-2は成形深さと貫通の特徴から成るプラスチックまたはセラミックのアノード流れ場プレートレットである。プレートレットA17-2は水素加湿流れ場A5、アノード活性区域流れ場A21、およびカソード水加湿区域A6を有する。プレートレットA17-2の表面はプレートレットA17-3の熱管理回路A20のための閉鎖部を形成する。プレートレットA17-3は成形深さおよび貫通の特徴から成るプラスチックまたはセラミックのカソード流れ場プレートレットである。プレートレットA17-3は熱管理の熱交換機A20、空気（酸素）加湿流れ場A14、カソード活性区域流れ場A22およびアノード水加湿区域A15を形成する特徴を有する。空気（酸素）加湿流れ場A14、カソード活性区域流れ場A22およびアノード水加湿区域A15はプレートレットA17-3の表面の側にある。

A17-2からA17-3までの全てのプレートにおいて、横方向に貫通する縁部通路ま

たはマンホールA93および挿付けロット穴A16は、図17のB4A A3のものと同等である。

図19A-Cは各プレートレットの表面側からの平面図で、本発明のIRM原理に一致する図18の4プレートレット二極性セパレーターの貫通と深さの特徴の1つの実施態様の詳細を示す連続図である。なお、プレートの進行は縁部の伝導の実施態様において既に使用されたと同じ申し合わせを有する、図18に示されたとおりのものである。

プレートレット1および4は密着推ぎ目の鉤が使用される場合を除いて本質的に同じであり、図19Aは左側にあるプレートレット1の前面をA17-1として示し、右側にあるプレートレット4の後面をA17-4として示す。アノード集電装置マイクロスクリーンプレートレットの特徴はカソード水加湿区域A6、アノード活性区域A4A、および水素加湿流れ場A5を形成する。アノード流れ場プレートレットA17-2の分配および収集マンホールのマンホール閉鎖部はアノードマイクロスクリーンマンホール閉鎖部位A25により形成される。

カソード集電装置マイクロスクリーンプレートレットA17-4の特徴は空気（酸素）加湿流れ場A14、カソード活性区域A4C、およびアノード水加湿区域A15を形成する。任意の密閉推ぎ目鉤を有する密閉表面A24は活性および加湿区域A19を囲む。アノード流れ場プレートレットA17-3の分配および収集マンホール用のマンホール閉鎖部はカソードマイクロスクリーンマンホール閉鎖部A26により形成される。

図19Bは、位置と配向を示すために下方右隅に重ねて示されているアノード集電装置マイクロスクリーンプレートレットA17-1の断片的な部分を有する、プラスチックアノード流れ場プレートレットA17-2-前面の平面図である。プレートA17-1はアノード集電装置マイクロスクリーン層A31に接合され、水素分配マンホールA27、水素収集マンホールA28、アノード活性区域分配マンホールA29およびアノード活性区域収集マンホールA30のためのマンホール閉鎖部を形成する。2つの母線A18はアノード集電装置マイクロスクリーンプレートレットと通電されている。

アノード集電装置マイクロスクリーン区域A31はプレートレットの残りと同じ

平面上にあり、アノード集電装置マイクロスクリーンプレートレットA17-1の表面を

アノード流れ場プレートレットA17-2の表面と同じ高さに置くか、またはB4Aの黒鉛紙電極を受け入れる窪みを形成するために差し込まれてもよい。

図19Cはプラスチックアノード流れ場プレートレットA17-2前面の前側を描いている。このプレートレットは貫通および深さの両方の特徴を有する。主な貫通の特徴は、締付けロット穴A16、横方向のマンホールD、水素排出マンホールD A8、水素吸入口マンホールD A9、水吸入口マンホールD A10、水排出マンホールD A11、空気（酸素）排出マンホールD A12および空気（酸素）吸入口マンホールD A13である。他の貫通の特徴は、水素吸入口道A32、水素排出口道A35、カソード加湿水吸入口道A44およびカソード加湿水排出口道A41がある。アノード流れ場プレートレットの前面上の主な深さの特徴は水素加湿蛇行型流路A36、アノード活性区域蛇行型流路A39、およびカソード加湿水蛇行型流路A43である。これらの特徴は装置の流通および圧力降下を最適化するために設計される。

アノード用の水素燃料は水素入り口道A32を通過して加湿区域に入り、水素分配マンホールD入り口A33を通過して水素分配マンホールD A27に入り、水素蛇行型流路入り口A34から2つの水素蛇行型流路A36へ分配される。水素ガスは水素加湿蛇行型流路A36と接触している水透過性電子膜を通して加湿される。加湿された水素は水素蛇行型流路出口A37から加湿区域を出て、水素収集マンホールD A28に入り、アノード活性区域分配マンホールD A29を通過し、アノード活性区域蛇行型流路入り口A38からアノード活性区域蛇行型流路A39に入る。活性区域内では水素がB4Aのアノード側で触媒作用により酸化されて電子とプロトンを生成する。プロトンはアノード触媒作用部位から電子膜を経てカソード側へ通過する。電子はアノード触媒作用部位から黒鉛電極へ通過する。黒鉛電極からの電子はアノード集電装置マイクロスクリーンA17-1により集められ、母線A18により複合二極性セパレーターの中を伝導される。

消耗した水素はアノード活性区域の蛇行型流路出口A40から活性区域を出て、水素収集マンホールD A31へ流れ込み、最終的に水素出口道A35から外に出る。



カソード（空気、酸素）加湿用熱湯はカソード加湿水入り口道A44から入り、カソード加湿水蛇行型流路入り口A45を通過してカソード加湿水蛇行型流路A43を通過し、カソード加湿水蛇行型流路出口A42を経て、カソード加湿水出口道A41を出る。

蛇行型流路を流れる熱湯の一部は浸透圧によりポンプで電子膜を通過させカソード空気（酸素）を加湿する。

図19Dはプラスチックアノード流れ場プレートレットA17-2-裏面の裏側を描いている。このプレートレットは貫通および深さの両方の特徴を有する。主な貫通の特徴は、締付けロット穴A16、横方向のマンホール、水素排出マンホールA8、水素吸入口マンホールA9、水吸入口マンホールA10、水排出マンホールA11、空気（酸素）排出マンホールA12および空気（酸素）吸入口マンホールA13である。他の貫通の特徴は、水素吸入口道A32、水素排出道A35、カソード加湿水吸入口道A44およびカソード加湿水排出道A41がある。主な深さの特徴は、水素吸入口溝A47、水素排出溝A50、空気（水素）排出溝A53、および空気（酸素）排出道基部A55がある。アノード流れ場プレートレットA17-2の裏面のほとんどはカソード流れ場プレートレットA17-3上の冷却水の溝の閉鎖部として使用される。

水素は、水素吸入口マンホールA9から水素吸入口溝入口A48を通過して水素吸入口溝A47へ流入し、水素吸入口溝出口A46を通過して、最後に水素吸入口道A32の中へ入る。水素はアノード流れ場プレートレットの裏面から前面へ通過し（図19C）、水素吸入口道A32を通過する。活性区域からの消耗した水素が、アノード流れ場プレートレットを経て水素排出道A35を通過して水素排出溝入り口A49へ戻り、水素排出溝A50および水素突出口溝出口A51を通過して、最後に水素排出マンホールA8へと出ていく。

消耗した空気（酸素）はカソード加湿および活性区域から取り出され（図19F）、空気（酸素）排出道基部A55、空気（酸素）排出溝入り口A54、空気（酸素）排出溝A53、空気（酸素）排出溝出口A52を通過して、最終的に空気（酸素）排出マンホールへと流入する。

電流は2本の母線A18によりアノード流れ場プレートレットの中を流れる。

図19Eはプラスチックカソード流れ場プレートレットA17-3前部の前面を描いている。このプレートレットは貫通と深さの両方の特徴を有する。主な貫通の特徴は、締付けロット穴A16、横方向のマンホールD、水素排出マンホールD A8、水素吸入口マンホールD A9、水吸入口マンホールD A10、水排出マンホールD A11、空気（酸素）排出マンホールD A12および空気（酸素）吸入口マンホールD A13である。

他の貫通の特徴は、空気（酸素）吸入口道A60、空気（酸素）排出道A61、アノード加湿水吸入口道A58およびアノード加湿水排出道A57がある。主な深さの特徴は、冷却水の蛇行型流路A62、加湿水吸入口マンホールD A64、および加湿水排出マンホールD A63がある。

冷却水は水吸入口マンホールD A10から冷却水溝吸入口A65を経て冷却水溝A66に入り、最終的に冷却水用の蛇行型流路吸入口A67を経て冷却水用蛇行型流路A62に入る。冷却水用蛇行型流路を流れる冷却水は電気化学的反應の副生成物である熱を吸収する。熱湯は冷却水用蛇行型流路出口A68から出て、加湿水吸入口マンホールD 接合点A69に入り、加湿水吸入口マンホールD A64に入り、最終的に加湿水カソード出口A70およびカソード水加湿吸入口道A56から出るか、または加湿水アノード出口A71およびアノード水加湿吸入口道A58から出る。熱湯は高度の放散活性を有するので加湿用に使用される。

空気（酸素）は空気（酸素）吸入口マンホールD A13からカソードに入り、空気（酸素）吸入口流入り口A72に流れ込み、空気（酸素）吸入口溝A73を通過して、空気（酸素）吸入口清出口A74に入り、空気（酸素）吸入口道A60を経てカソード加湿および活性区域溝に流れ込む。空気（酸素）は空気（酸素）加湿溝を通過するときに加湿され、図19Fに示されるカソード活性区域において消費される。消耗された空気（酸素）および生成水は空気（酸素）排出マンホールD A12に接続する空気（酸素）排出道A81を経てアノード流れ場プレートレットA17-2の上にある空気（酸素）排出溝から出る。

2つの母線A18によりカソード流れ場プレートレットに通電される。

図19Fはプラスチックカソード流れ場プレートレットA17-3裏面の裏側を示す。このプレートレットは貫通と深さの両方の特徴を有する。主な貫通の特徴は、締付けロット穴A16、横方向のマンホール、水素排出マンホールA8、水素吸入口マンホールA9、水吸入口マンホールA10、水排出マンホールA11、空気（酸素）排出マンホールA12および空気（酸素）吸入口マンホールA13である。他の貫通の特徴は、空気（酸素）吸入口道A60、空気（酸素）排出口道A61、アノード加湿水吸入口道A58およびカソード加湿水排出口道A59がある。カソード流れ場プレートレット上の主な深さの特徴は、空気（酸素）蛇行型流路A56、およびアノード

加湿水蛇行型流路A77がある。

カソード用の空気（酸素）は空気（酸素）吸入口道A60から加湿区域に入り、空気（酸素）分配マンホール吸入口A78から空気（酸素）分配マンホールA79に入り、空気（酸素）蛇行型流路吸入口A80から2つの空気（酸素）蛇行型流路A81に分配される。空気（酸素）気体は空気（酸素）加湿蛇行型流路A81と接触する水透過性電解膜から加湿される。加湿された空気（酸素）は空気（酸素）蛇行型流路出口A82から加湿区域を出て、空気（酸素）加湿収集マンホールA83に入り、カソード活性区域分配マンホールA84を通過し、カソード活性区域蛇行型流路入り口A85を通過してカソード活性区域蛇行型流路A86へ流れ込む。活性区域内では、酸素がアノードからのプロトンと電子を受けて触媒作用により還元され、水を生成する。電子はアノードからカソードへ母線A18を経て流れ、カソード集電装置マイクロスクリーン17-4へ入り、BMA上のカソード黒鉛電極を通過して、電子がアノードと反応するカソード触媒作用部位とドッキングしてプロトンと酸素を発生し、余剰熱を発生させ水を生成する。消耗した空気（酸素）と生成水はカソード活性区域蛇行型流路出口A87から活性区域を出て、空気（酸素）収集マンホールA88に流れ込み、空気（酸素）収集マンホール出口A89を通過して、空気（酸素）出口道A61から出る。

アノード（水素）加湿用の熱湯はアノード加湿水吸入口道A58から入り、アノード加湿水蛇行型流路入り口A76を通過してアノード加湿水蛇行型流路A77に入り、

アノード加湿水蛇行型流路出口A75を通して、アノード加湿水出口道A59から外に出る。蛇行型流路の中を流れる熱湯の一部は浸透性により電解質膜をポンプで透過させアノード水を加湿する。

図19Gに示されるように、母線A18（上部と底部）はプレートから突出してマイクロスクリーン収集装置プレートと接触する。図19Gは、下部右側にカソード集電装置マイクロスクリーンプレートレットA17-4の一部を示す、プラスチックカソード流れ場プレートレットA17-3裏面の平面図を示す。プレートレットA17-4はカソード集電装置マイクロスクリーン窓A90に接合され、空気（酸素）加湿分配マンホールA79、空気（酸素）加湿収集マンホールA83、カソード活性区域分配マンホールA84、およびカソード活性区域収集マンホールA88のためのマンホール

ルト閉鎖部を形成する。2本の母線A18はカソード集電装置マイクロスクリーンプレートレットA17-4に接合され、優れた電気接続を提供する。

カソード集電装置マイクロスクリーン区域A90はカソード集電装置マイクロスクリーンプレートレットA17-4の表面をカソード流れ場プレートレットA17-3の裏面と同じ高さに位置づけるように選ばれるか、または図17における電極膜組立体A3の黒鉛紙電極を受ける窓を形成するように挿入されてもよい。

#### 母線伝導総合熱管理

以下の詳細な説明は本発明の母線貫通伝導実現を実施例により説明するものであり、発明の原理を限定するものではない。当該技術に精通した者なら、この説明から発明を容易に製造使用することができるものであつて、現在最も好ましい実施態様と信ずるものを含む、本発明のいくつかの実施態様、修正、変更、代換え、用途を説明するものである。

図20は、B4A B3Aを介在させると共に隣接する電池のB45 B3Bと接触するセパレーターB2AとB2Bとから成る積層の内部の単一電池B1の分解組立等角図である。この図において、二極性セパレーターの $H_2$ （アノード）側だけが見えるが、以下に示されるように、隠れている（カソード）側に対応する $O_2$ 区域がある。大きな長方形の区域のB4Aは電池の活性区域であり、B4Aはアノード側を示し、B4Cはカ

ソード側を示す。

B4AのB3AとB3Bは、対応する活性区域B4A、B4Cと同等の触媒被覆区域B7AとA7Cを含む。反応体および冷却水マンホールが緑部に明らかである。水素燃料が水素吸入口マンホールB7を経て入り、アノード活性区域B4Aの中を流れ、水素排出マンホールB6から出る。空気（酸素）は空気（酸素）吸入口マンホールB10を経てカソード活性区域A4Cを通過し空気（酸素）排出マンホールB11から出る。熱管理用冷却水は水吸入口マンホールB9から入り、内部熱交換装置を通過し、水排出マンホールB8から出る。横方向反応体および冷却水の吸入口および排出のマンホールB6、B7、B9、B11、B10およびB12が二極性セパレーターB2とE45のB3を通過する。締付けロット穴A18は二極性セパレーターとB4Aの緑部上に見える。

図24は、3つの異なる型のプレートから成る本発明の4プレートレット加温二極性IRMTセパレーターB2の分解組立等角図であり、プレートB13-1およびB13-4は

同一の集電マイクロスクリーンプレートレットである。電流は1個以上の内部母線B14により2枚のプラスチックコアのプレートレットB13-2およびB13-3の中を伝導される。2つの長方形横断面の母線が描かれているが、どんな数、幾何学的横断面および方向もスクリーンの範囲内またはその外側の両方で使用してもよい。マイクロスクリーンのプレートレットの緑の周囲はプラスチックコアプレートレットB13-2およびB13-3により密着され、反応体と水マンホールの周りおよび活性区域B4A、B4Cの周りに密着による継ぎ目の献ができる（図には示されていない）。

2つの金属製集電マイクロスクリーンプレートレットB13-1およびB13-4は同一である。プレートレットB13-1は貫通食刻またはパンチによる穴の繰り返しパターンから成るアノード集電マイクロスクリーンである。プレートレットB13-2は、成形深さと貫通の特徴から成るプラスチックまたはセラミックのアノード流れ場プレートレットである。プレートレットB13-2はアノード活性区域流れ場B16を形成する特徴を含む。プレートレットB13-2の表面はプレートレットB13-3の熱管理回路B17のための閉鎖部を形成する。プレートレットB13-3は成形深さおよび貫

通の形状から成るプラスチックまたはセラミックのカソード流れ場プレートレットである。プレートレットB13-3は熱管理の熱交換機B17とカソード活性区域流れ場B18を形成する形状を有する。カソード活性区域流れ場B18はプレートレットB13-3の表面の側にある。

B13-2からB13-3までの全てのプレートにおいて、横方向に貫通する縁部通路またはマンホールB15および締付けロット穴B12は図20のB4A A3のものと同等である。

図22A-Gは各プレートレットの表面側からの平面図で、本発明のIRM原理に一致する図21の4プレートレット二極性セパレーターの貫通と深さの形状の1つの実施態様の詳細を示す連続図である。プレートの進行は上記の通りであり、図22Aは左側にプレートレット1の前面(アノードB13-1)を示し、右側にプレートレット4の裏面(カソードB13-4)を示す。アノード集電装置マイクロスクリーンプレートレットB13-1はアノード活性区域B4Aを形成する形状を有する。密閉表面B19は任意の密閉継ぎ目を有し、活性区域B4Aを囲む。アノード流れ場プレートレットB13-2の分配および収集マンホールのマンホール閉鎖部はアノードマイクロスクリー

ンマンホール閉鎖部B21により形成される。カソード集電装置マイクロスクリーンプレートレットB13-4はカソード活性区域B4Cを形成する形状を有する。任意の密閉継ぎ目を有する密閉表面B22は活性区域B4Cを囲んでいる。アノード流れ場プレートレットB13-3の分配および収集マンホールのマンホール閉鎖部はカソードマイクロスクリーンマンホール閉鎖部B22により形成される。

図22Bは、下方の右隅にアノード集電装置マイクロスクリーンプレートレットB13-1の一部を示す、プラスチックアノード流れ場B13-2前面の平面図である。プレートレットB13-1はアノード集電装置マイクロスクリーンの窪みB25に接合され、アノード活性区域分配マンホールB23用のマンホール閉鎖部を形成する。2つの母線B14はアノード集電装置マイクロスクリーンプレートレットに接合され、優れた電気接続を形成する。

アノード集電装置マイクロスクリーン窪みB25は、アノードマイクロスクリー

ンプレートレットB13-1の表面をアノード流れ場プレートレットB13-2の表面と同じ高さに位置づけるように選ばれる、またはそれは電極膜組立体の黒鉛紙電極を受け入れる窪みを形成するように挿入されてもよい。

図22Cはプラスチックアノード流れ場プレートレットB13-2前面部の前面側を示している。主な貫通の形状は、締付けロット穴B12、横方向のマンホールD、水素排出マンホールD6、水素吸入口マンホールD7、水吸入口マンホールD8、水排出マンホールD9、空気（酸素）排出マンホールD11および空気（酸素）吸入口マンホールD10である。他の貫通の形状は、水素吸入口道B26および水素排出道B28である。アノード流れ場プレートレットの前面上にある主な深さの形状は、アノード活性区域の蛇行型流路B31、アノード活性区域分配マンホールD23、およびアノード活性区域収集マンホールD24である。これらの形状は装置の流速および圧力降下を最適化するために設計されている。

アノード区域用の水素原料は水素吸入口道B26からアノード活性区域分配マンホールD入り口D27を通過してアノード活性区域分配マンホールD23に入り、アノード活性区域の蛇行型流路入り口B30からアノード活性区域の蛇行型流路B31へ流れ込む。活性区域内では、水素がPt/Cのアノード側で触媒作用により酸化されて電子とプロトンを生成する。プロトンはアノード触媒作用部位から電子膜を経てカ

ソード側へ通過する。電子はアノード触媒作用部位から黒鉛電極へ通過する。黒鉛電極からの電子はアノード集電装置マイクロスクリーンB13-1により集められ、母線B14により複合二極性セパレーターの中を導電される。

消費した水素はアノード活性区域の蛇行型流路出口B32から活性区域を出て、アノード活性区域収集マンホールD24へ流れ込み、活性区域収集マンホールD出口D29を通過して、最終的に水素出口道B28から外に出る。

図22Dはプラスチックアノード流れ場プレートレットB13-2裏面の裏側を示す。このプレートレットは貫通と深さの両方の形状を有する。主な貫通の形状は締付けロット穴B12、横方向のマンホールD、水素排出マンホールD6、水素吸入口マンホールD7、水吸入口マンホールD9、水排出マンホールD8、空気（酸素）

）排出マンホールB11および空気（酸素）吸入口マンホールB10である。他の貫通の形状は、水素吸入口道B28、水素排出道B26がある。主な深さの形状は、水素吸入口溝B34、水素排出溝B37、空気（水素）排出溝B40、空気（酸素）排出道基部B43、空気（酸素）吸入口溝B50および空気（酸素）吸入口道基部B42がある。アノード流れ場プレートレットB13-2の表面のほとんどはカソード流れ場プレートレットB13-3上の冷却水の溝の閉鎖部として使用される。

水素は、水素吸入口マンホールB7から水素吸入口溝入口B35を通過して水素入り口溝B34へ流入し、水素吸入口溝出口B33を通過して、最後に水素吸入口道B26の中へ入る。水素はアノード流れ場プレートレットの裏面から前面へ通過し（図22D）、水素吸入口道B26を通過する。活性区域からの消耗した水素が、アノード流れ場プレートレットを経て水素排出道B28を通過して水素排出溝入り口B36へ戻り、水素排出溝B37および水素突出口溝出口B38を通過して、最後に水素排出マンホールB6へと出ていく。

空気（酸素）は空気（酸素）吸入口マンホールB10から空気（酸素）吸入口溝入り口B49を経て空気（酸素）吸入口溝B50に入り、空気（酸素）吸入口溝出口B51を経て、最後に図22Eに示されるカソード流れ場プレートレットB13-3上の空気（酸素）吸入口道B44と連通する空気（酸素）入り口道基部B42へ入る。空気（酸素）吸入口道B44は空気（酸素）をカソード活性区域流れ場へ導入する。

消耗した空気（酸素）は、空気（酸素）排出道B45（図22E）よりカソード活性区域から取り出され、空気（酸素）排出道基部B43へ入り、空気（酸素）排出溝入り口B41へ入り、空気（酸素）排出溝B40を通過して、空気（酸素）突出口溝出口B39を経て、最終的に空気（酸素）排出マンホールB11から外へ出る。

電流は2本の母線B14によりアノード流れ場プレートレットの中を流れる。

図22Fはプラスチックカソード流れ場プレートレットB13-3前部の前面を描いている。このプレートレットは貫通と深さの両方の形状を有する。主な貫通の形状は、締付けロット穴B12、横方向のマンホール、水素排出マンホールB6、水素吸入口マンホールB7、水吸入口マンホールB9、水排出マンホールB8、空気（酸素）排出マンホールB11および空気（酸素）吸入口マンホールB10であ



る。他の貫通の形状は、空気（酸素）吸入口道B44および空気（酸素）排出口道B45である。主な深さの形状は、冷却水の蛇行型流路B46である。

冷たい冷却水は水吸入口マンホールB9から冷却水蛇行型流路吸入口B47を経て冷却水蛇行型流路B46に入る。冷却水用蛇行型流路B46を流れる冷却水は電気化学的反応の副生成物である熱を吸収する。熱湯は冷却水用蛇行型流路出口B48から出て、最終的に冷却水排出マンホールB8から外に出る。

空気（酸素）は、図22Dに示されるアノード流れ場プレートレットB13-2裏面の上の空気（酸素）吸入口道基部B42と空気（酸素）吸入口マンホールB10と連通する空気（酸素）吸入口道B44を経て、カソード流れ場プレートレットB13-3裏面へ通過する。消耗した空気および生成水は図22Dに示されるアノード流れ場プレートレットB13-2裏面の上の空気（酸素）排出口基部B43と空気（酸素）排出マンホールB11と連通する空気（酸素）排出口道B45を経て、カソード流れ場活性区域を出る。

電流は2本の母線B14によりカソード流れ場プレートレットの中を流れる。

図Gは、下方右隅にカソード集電装置マイクロスクリーンプレートレットB13-4の一部分が示されている、プラスチックカソード流れ場プレートレットB13-3裏面の裏側を示す。このプレートレットは貫通と深さの両方の形状を有する。主な貫通の形状は、締付けロット穴B12、槽方向のマンホール、水素排出マンホールB6、水素吸入口マンホールB7、水吸入口マンホールB9、水排出マンホールB8、空気（酸素）排出マンホールB11および空気（酸素）吸入口マンホール

B10である。他の貫通の形状は、空気（酸素）吸入口道B44および空気（酸素）排出口道B45である。カソード流れ場プレートレット上の主な深さの形状は、カソード活性区域分配マンホールB53、カソード活性区域収集マンホールB57および活性区域蛇行型流路B55である。

カソード用空気（酸素）は空気（酸素）吸入口道B44から加湿区域へ入り、カソード分配マンホール吸入口B52を通過し、カソード分配マンホールB53へ流れ込み、カソード活性区域蛇行型流路入り口B54を経てカソード活性区域蛇行型

流路B55へ分配される。活性区域内において、酸素はアノードからのプロトンと電子を受けて触媒作用により還元され水を生成する。電子は母線B14によりアノードからカソードへ流れ、カソード集電装置マイクロスクリーン17-4に入り、B4A上のカソード黒鉛電極を通して、最終的にカソード触媒部位と結合し、そこで電子はアノード発生プロトンおよび酸素と反応し、余剰熱と水を生成する。消耗した空気（酸素）と生成水はカソード活性区域蛇行型流路出口B56を経て活性区域を出て、カソード活性区域収集マンホールB57へ流れ込み、空気（酸素）収集マンホール出口B58を通して、最終的に図22Dのアノード流れ場プレートレット13-2表面上にある空気（酸素）排出道基部B43および空気（酸素）排出マンホールB11と連通している空気（酸素）出口道B45から外に出る。

プレートレットB13-4はカソード集電装置マイクロスクリーン窓B59に接合され、空気（酸素）活性区域分配マンホールB53と空気（酸素）活性区域収集マンホールB57のためのマンホール閉鎖部を形成する。2本の母線B14が優れた電気接続を提供するようにアノード集電装置マイクロスクリーンプレートレットに接合される。カソード集電装置マイクロスクリーン区域B59は、アノードマイクロスクリーンプレートレットB13-4の表面がカソード流れ場プレートレットB13-3の表面と同一の高さとなるように選ばれるか、または図20に示される電極膜組立体B3の黒鉛紙電極を受け入れる窪みを形成するように挿入されてもよい。

縁部および貫通伝導断面図：

図23A-Dは、図16の断面線23-23に沿って取られた縁部伝導用の代換えの構造をいくつか示す。図23Aは図16の実施態様を示し、アノードマイクロスクリーンA17-1とカソードマイクロスクリーンF17-4が電流の橋F18により接続され、共に折り

畳まれ、プレートレットF17-2とF17-3とに接合され、BSPを形成する。様々な深さ、貫通および閉鎖の形状は、図16に関して既に説明されているので、ここでもまた図23B-Dについても繰り返すつもりはない。

図23Bは、例えば、ろう付け、はんだ付け、点溶接、導電性接合、ロール・クリンピングなどの方法によりアノードマイクロスクリーンF17-1とカソードマイクロスクリーンプレートレットF17-4が折り曲げられ、底部が接合された上にク

ブF94を示している。図23Cは、タブF94の重なりおよびF96に接合された様子を示す。この種類の接触は、プレートレットF17-4のF94と2つのコアのプレートレットの底部との間の隙間にプレートレットF1701のF94を押圧はめ込むことでも可能であった。図23DはF98の上部および底部が点溶接または接合された2つの縁部の母線または細片F97の例を示す。

図24AとBは、図18の線24-24に沿って取られた母線伝導の様々な実施例の断面図を示す。図24Aは、マイクロスクリーンA17-1およびA17-4がそれぞれのコアのプレートレットA17-2とA17-3の窪みA94に挿入されている実施態様を示す。母線A18は母線保持スロットA95に挿入されている。様々な深さ、貫通および閉鎖の形状は図18および関連のプレートレットの図面に関して既に説明されている。図24Bは、コアのプレートレットの縁部と対応する周辺縁部を有するマイクロスクリーンを示している。

コンポジット型バイポーラセパレータの作製プロセス：

図25は、化学薬品加工（エッチング）による形状形成を含むプレートレット製造プロセスの主要な段階を説明するフローシートである。このことは後記の実施例で説明する金属マイクロスクリーンプレートレットに主として適用するけれども、プラスチックコアプレートレットの金属ダイ（die）はこのプロセスにより製造される。更に、このプロセスを使って化学薬品加工、一般的に溶剤によりプラスチックプレートレット自体を製造する。これらの段階は次の通りである：即ち

A、プレートレット原料検査：入荷する金属プレートレット又はダイ打ち抜き用原料C1を検査C2にかけて、材料のタイプ、圧延品の硬度、圧延品の厚さ、表面の均一性、及び関連の供給業者の情報を確認する。

B、プレートレット原料の洗浄及び乾燥：自動式機械を使って、洗浄、脱脂、及び化学薬品洗浄することによりフォトレジストを被覆するために、C3でプレートレット原料を洗浄して乾燥する。このプロセスにより金属の場合には基板の残留圧延油脂を、そしてプラスチックの場合には、汚れやこびり付いた不純物が除去される。脱脂後、プレートレットをエッチング希溶液により室温で穏やかに

薬品洗浄を行なって、酸化物及び表面の不純物を除去する。チタンの場合、洗浄溶液は3% - 9%のHFと10% - 18%のHNO<sub>3</sub>である。ステンレススチール及びアルミニウムのような他の金属の場合は、室温で30 - 45度ボーメ (Baume) の塩化第二鉄が洗浄溶液として使用される。プラスチックの場合は、適切なプラスチック溶剤を使用してもよい。フォトレジストの塗布の前に最終段階としてプレートレットは強制対流乾燥器の中で乾燥される。

フォトレジストが湿式か乾式かにもよるが、後記の段階C-1とC-2、又はC-3のいずれかによって行われる。

C-1. 湿式法によるフォトレジストの塗布：湿式フォトレジストではフォトレジスト層が薄くて細部のレジストが極めて優れている。湿式フォトレジストは一般的に浸漬用タンクを使ってC4で塗布される。半導体産業用に開発されたスピncerコーターを使って小さいプレートレットをスピncerコーティングしてもよい。

C-2. レジスト炉：湿式フォトレジストは炉C5の中でベーキング（硬化）すると硬くて弾性のある層を形成する。

C-3. 乾式法によるフォトレジストの塗布：許容度が緩い場合、乾式の膜フォトレジストが使用される。乾式膜レジストは裏打ちシートを剥離されて加熱ローラープレスを使ってC6で接着される。このローラープレスは、プリント回路産業で使用されているのと同類のプレスである。このローラー加工により裏打ち材料がフォトレジストから自動的に剥離される。一般的に乾式膜フォトレジスト材料は、duPont社製の2ミルの "Riston 4620" である。

D. マスキングによるフォトレジストのUV露光：プレートレットは、UV接触型露光機を使ってC7で露光される。充分な注意を払ってアートワークの両側が精密に合わせられる。マスクに見当装置を使うとこの工程は容易になる。

E. 画像の現像：露光されたプレートレットは、C8で現像液と炉を通る。湿

式法レジストは、炭化水素現像液で現像されて、硬化されないレジストは除去される。代表的な現像液は、Great Western Chemicals製の品番GW325、"Stoddard's Solution"、及びVan W

aterit及びRoger tから市販されている品番CAS 104-46-4、酢酸ブチルである。湿式法の現像は、室温でこれらの現像液に使うと充分である。現像液を露光した後、残りの湿式レジストを再度ベーキングすると弾力ある層が形成される。乾式法現像は、duPontの“Liquid Developer Concentrate”、品番D-4000を80°Fで1.5%溶液で使用する。

F. 化学薬品を用いるスプレー式エッチングタンクの機械化：現像されたプレートレットは、C9でスプレーエッチングタンクの中でエッチングされる。機械による処理速度が速くなるエッチング速度なので、スプレータンク方式が浸漬タンクエッチング機よりも好ましい。或る場合には、スプレーエッチング機で得ることができるよりも浸漬タンク式エッチング機を使った方が優れたレジストを得ることがある。エッチングプロセスは、エッチング剤の濃度、コンベアベルトの速度、スプレー圧力及び加工温度に極めて敏感である。これらのパラメータに基づいて、C11の工程のフィードバックは、連続的な工程間検査C10により回転期間中は維持される。所望のエッチング結果が得られるようにラインスピードは変えられる。塩化第二鉄溶液又はHF/硝酸溶液のいずれかがエッチング剤として使用される。銅、アルミニウム、及びステンレススチールには塩化第二鉄が使用される。チタンの場合、HF/硝酸が使用される。チタンの場合、一般的なエッチング剤の濃度範囲は、3%から10%までのHFと10%から18パーセントまでのHNO<sub>3</sub>である。チタンの場合のエッチングの温度の範囲は、80-130°Fである。別の金属の場合、一般的に、塩化第二鉄の濃度はエッチング温度を80-130°Fの範囲で維持するとして30-45°度ボーメ (Baume) である。使用される各々の異なる金属に対して特定の濃度及び温度条件を制御することができる。ラインスピードは実際に使用するエッチングタンクの数の関数である。一般的にエッチング装置は、共通のコンベアによって結合された個々のエッチングタンクから構成されている。一般的にエッチング装置は、オハイオ州

のMaumeeのSchmid System社、及びペンシルベニア州のAt

otech Chemcut of State Collegeから購入できる。  
最終のエッチングタンクを通過した後、プレートレットはカスケード式洗浄機で洗浄される。検査の前にカスケード式洗浄機は、余剰のエッチング剤を除去する。

G. 工程間検査：プレートレットはC10で検査されて、エッチング速度及びラインスピード情報がエッチングプロセスへフィードバックされる。工程間検査は一般的に目視によって行われる。

H. レジストの剥離：湿式法フォトレジストは、 $200^{\circ}\text{F}$ で炭化水素剥離剤を使ってC12で剥離される。好適な剥離剤は、カルフォルニア州、Alpha Metals of Carson製の品番PC1822 "Chem Strip"である。乾式法フォトレジストは、カルフォルニア州のArdrox of La Mirada製の品番PC4055、"Ardrox"のような市販の剥離溶液を使って剥離される。Ardroxは、1-3%まで希釈されて $130^{\circ}\text{F}$ で使用される。

I. 最終検査：C13での目視最終検査は、測定して、CAD設計工程の過程で選択された臨界寸法、プレートレット検査情報30と比較することによって行われる。この段階での情報は、エッチング工程及び設計工程を制御するためにフィードバックされる。最終検査の後、仕上がり金属プレートレットがJ-1又はJ-2工程のいずれかで加工される。

J-1. 窒化炉：仕上げられたチタンプレートレットは、真空炉C14で窒化される。セパレータは、 $10^{-4}$ トルまで真空にされる真空炉に装入される。1 psigの圧力になるまで乾燥窒素が真空炉に装入される。このサイクルが繰り返される。最終圧力の1 psigに達すると、真空炉は、約20分から約90分かけて $1200^{\circ}\text{F}$ と $1625^{\circ}\text{F}$ の間まで加熱される。特定の時間及び温度は、所望のチタン窒化被膜の厚さによって決まる。真空炉を冷却し、元の圧力に戻した後、窒化（不動態化：passivated）された最終生成物プレートレットは、プラスチックコア流体管理プレートレットとの組立体用に準備されて、コンボジット型セパレータが作られる。

J-2. 窒化炉のバイパス：チタン以外の金属は窒化されない。

K. 工程における金属マイクロスクリーンマザーシートワークの緩衝在庫：

仕上がり金属マイクロスクリーンマザーシートは、タイプ又はグループでまとめて緩衝在庫品として配列される。圧延品は一般的に厚さ4-25ミル（プレートレットの要求事項による）、幅36"のチタンであり、そしてプレートレットブランクは6"×8"なので前記の連続供給プロセスではプレートレットは6列まで、即ちマザーシートの全幅で6列に配列されることに注目されたい。

この工程は、プラスチックコアプレートレットの圧縮又はエンボシング用ダイを形成するのに利用できることを指摘することは重要である。

図26は、プラスチック流体管理プレートレットを作製して金属マイクロスクリーンプレートレットと積層してモノリシックコンポジット型バイポーラセパレータを形成する、本発明の好ましい方法を説明するプロセスフローシートである：

A. 圧縮成形工程：入荷するプラスチックプレートレット原料C17を検査して、材料のタイプ、圧延品の硬度、圧延品の厚さ、表面の均一性及び関連する供給業者の情報を確認する。検査の後、プラスチックシート原料をC18で圧縮成形して窪みと貫通形状を形成する。圧縮成形は、深さだけでなく幅も極めていろいろと変化させた窪みのある形状を形成できる。

B. プラスチックプレートレット単品化工程：プラスチックプレートレットマザーシートは、プラスチックプレートレット単品化工程C19により単品化される。せん断機、鋸、ナイフ及びパンチがプラスチックプレートレットを単品化する代表的な方法である。

C. 接着剤塗布工程：C20で接着剤をプラスチックコアプレートレットに塗布することにより、漏れない接合ができるようにする。接着剤の特定の性質は、接合されるプラスチックのタイプによって決まる。接着剤は、溶剤型、エポキシグルー及び感圧型接着剤と各種がある。作製されるプラスチックプレートレットにもよるが、接着剤は、スプレー又はスクリーン印刷法を使って塗布される。

接着剤は、プレートレットの噛み合わせ部に塗布されるが、流体の通過を部分的にしる全部にしる妨げのような、窪み形状の中への流れ込みを防がなければならない。これには接着剤の粘度及び塗膜の厚さを正確に制御することが必要であ

る。粘度及び厚さのパラメータは各プラスチック/接着剤の組み合わせによって変わり、当業者には公知である。

D. 金属プレートレットの単品化工程：金属マイクロスクリーンプレートレットマザーシート C 16 は、金属プレートレット単品化工程 C 21 により単品化される。せん断機又は鋸が金属プレートレットを単品化の代表的方法である。

E. スタッキング工程：金属プレートレットとプラスチックプレートレットは水平に順序よく配列（整然と配列）され、熱板 C 22 の上に垂直に順次にスタッキングされる。プレートレットの整列穴（圧縮成形による種々の形の締め付けロッドの穴）をピンの上から配列するとプレートレットが正確に配列されるので、噛み合わせ型プレートレットの形状が関係して、穴、ランド、マニホールド及び流路を形成する。この方法では最高 100 個のコンポジット型バイポーラセパレータをスタッキングされて、底板から天井板の間を一度に単一の接合されたスタックの体積体にすることができる。

F. 積層用接合：組立られたプレートレットスタック体は、接合するために加熱された積層プレス C 23 にかけられる。いろいろな金属、プラスチック及び接着剤を組み合わせると、いろいろな接合スケジュールが必要となる。接合条件は、負荷する圧力及び温度の特定のスケジュールによって決められる。一般的な接合温度は 150° F ないし 300° F の範囲である。接合圧力と温度を正確に制御して内部通路の過剰な変形を防ぐと同時に漏れのない接合としなければならない。

G. 検査および/または漏れ点検：接合されたプレートレットセパレータは、C 24 で漏れの点検が行われるが、それは試験器具を使い、流路、マニホールド及び穴に内圧をかけて接合の完全性、即ち端部の漏れ、又は内部流路に短絡がないことを確認する。

H. 最終トリミング：フレーム取扱い用及びプレートレットの序列の付いた番号板のような加工用の補助手段（プレートレットの端部に形成されている）を最終トリミング工程 C 25 で取り除いて（切り取って）、前記の複雑な内部マイクロチャンネル場を持ち、接合されたコンポジット型プレートレットセパレータが作り上げられる。



図27は、図25及び26で既に説明したプレートレットのフォトリングラフ

ィの湿式法又は乾式法エッチングのプレートレット設計アートワークを調製するプロセスを示している。これらの段階は次のようである：

A、プレートレット描画：プレートレット組立体の描画は、コンピュータによる自動描画CAD装置C27で行われる。この描画は、実寸大で行われる。各プレートレットの両面は正面及び背面を示す平面図として仕上げされる。これらの描画は、CADによるプレートレットマスクアートワーク発生装置C29にコンピュータで転送される。CADによる描画からプレートレット検査データベースC30が作り出される。この検査データベースは、アートワーク創作及び製造プロセスの過程で確認しなければならない極めて重要な寸法から成っている。アートワークもプレートレットも製造プロセス過程で検査を受ける。

B、マスキングによるアートワークの創作：マスクアートワークCAD装置C29のプレートレットCAD描画は、マスキングによる各プレートレット用の光学機器にかけられる。エッチング因子が各描画の各形状毎に適用される。エッチング因子は、光学機器によるマスクの幅を形状の幅に調節して各々プレートレットを加工するのに使用される化学薬品エッチング加工の過程で発生するアンダーカットを補償する。このことにより光学機器によるマスキングの流路寸法が小さくなり、アンダーカットが補償される。エッチング因子は、金属のタイプ、化学薬品加工装置のタイプ、エッチング速度、使用するエッチング剤のタイプと濃度によって決まる。マスキングを形成する加工の過程で作製補助手段が加えられる。作製補助手段には、見当合わせ用ターゲット、プレートレット番号及び取扱い用フレームが挙げられ、スタック工程や接合加工で役に立つ。

C、アートワークのフォトプロットイング：プレートレットアートワークは、自動式フォトプロッターC31を使って膜上に等寸大でプロットされる。

D、確認検査：仕上げ品のアートワークのビデオ検査は、プレートレットCAD描画工程の過程で作り出された検査データベースC30を使ってC32で行われる。検査の後、頂部（正面）及び底部（背面）のプレートレットアートワークが正確な位置合わせで接合されると、プレートレットアートワークC33が形

成される。

プレートレットアートワークは、金属マイクロスクリーンプレートレットを

作る化学薬品加工で使用される。

プレートレットアートワークはまた、圧縮成形加工を行うためにも使用される

。

本発明の範囲内のいろいろな修正は、本発明の精神を逸脱することなく通常の当業者によって実施できると理解してよい。従って、我々は、本発明が、先行技術によって認められる可能な限り広く、そして必要な場合には明細書を考慮して付属の請求の範囲により定義されることを希望する。

【図1】

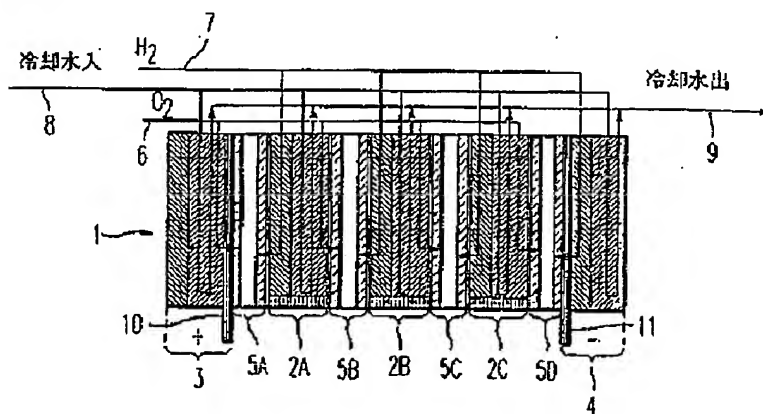
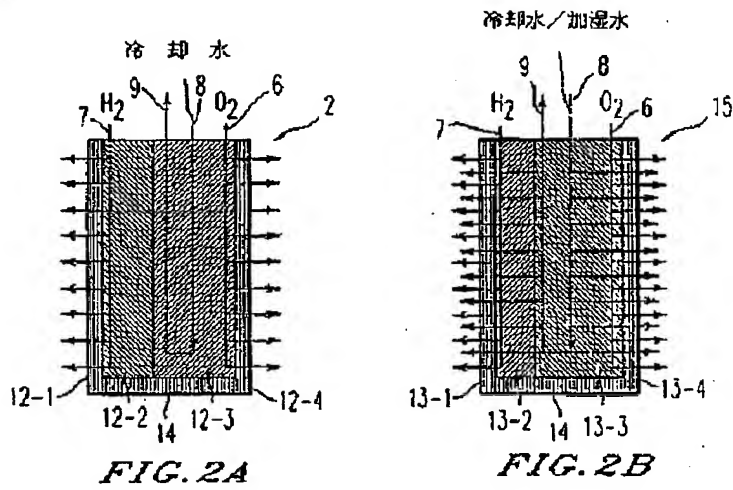
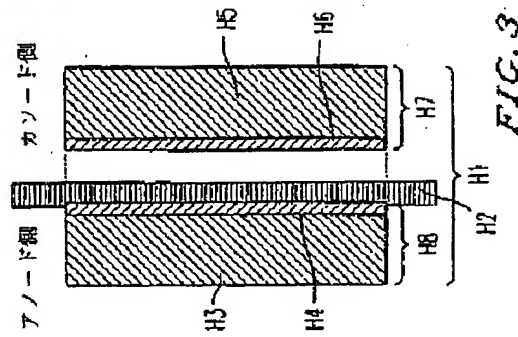


FIG. 1

【図2】



【図3】



【図4】

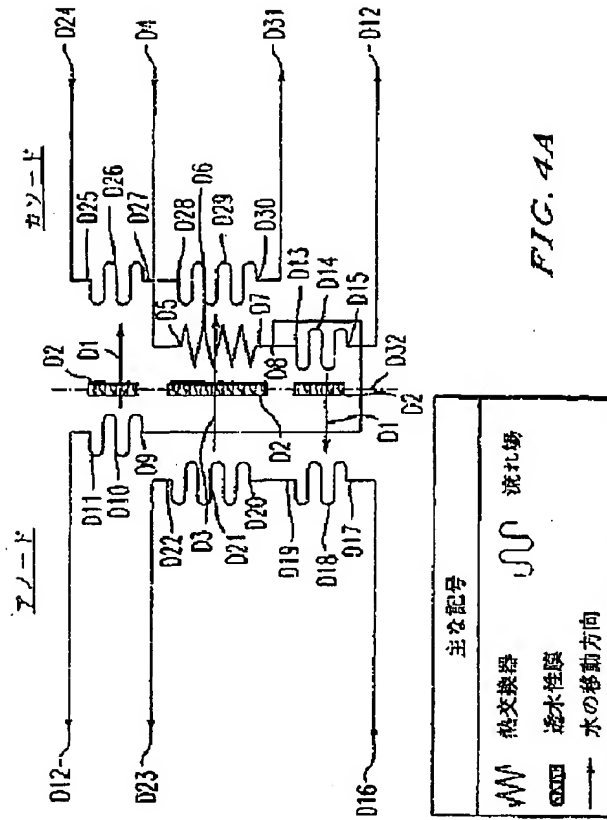
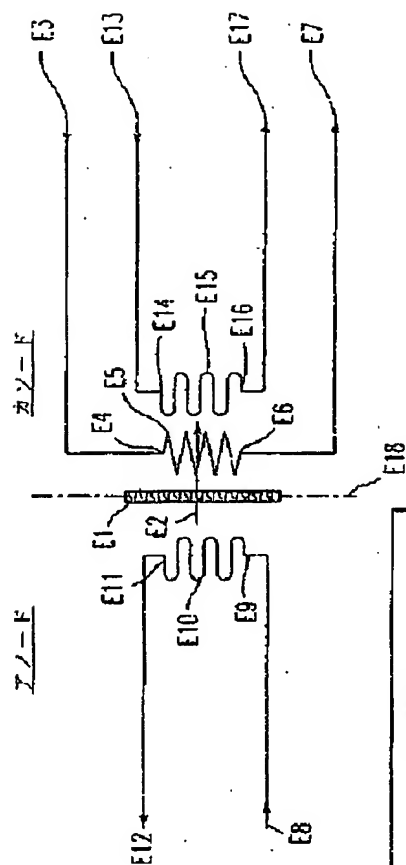


FIG. 4A

【図4】



主な記号	
	熱交換器
	透水性膜
	水の移動方向

FIG. 4B

【図5】

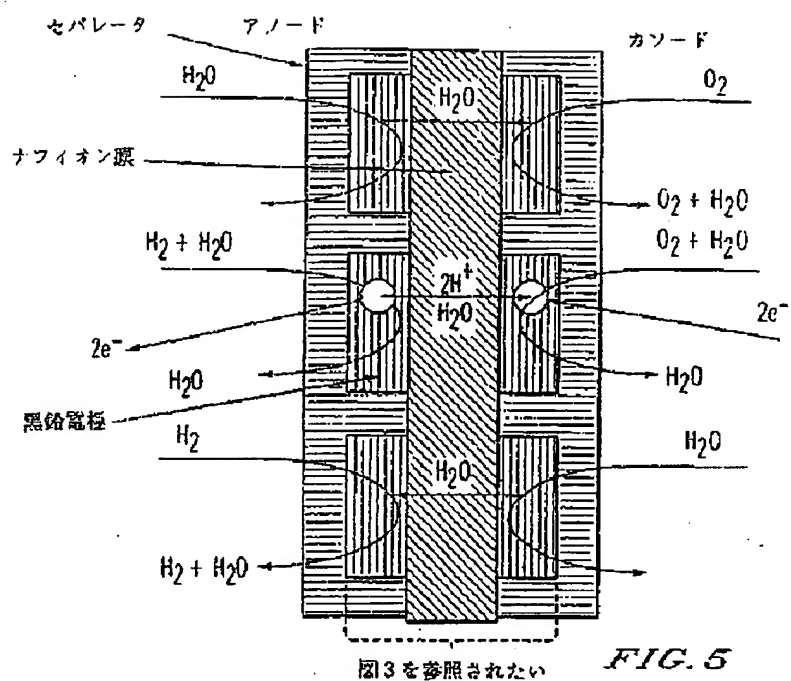


FIG. 5

【図6】

金属プレートレットを  
化学薬品で加工すると  
2段式形状となる。

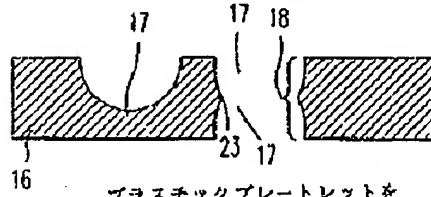


FIG. 6A

プラスチックプレートレットを  
圧縮成型すると  
多段式形状となる。

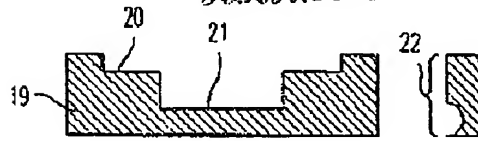


FIG. 6B

【図7】

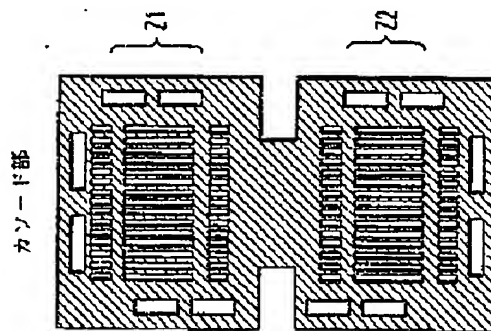
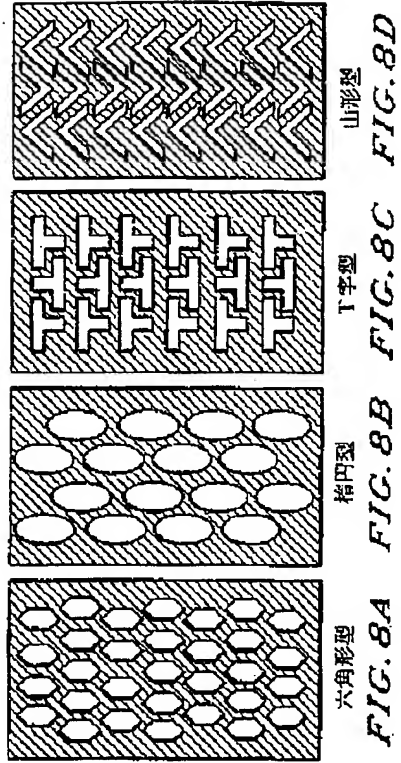


FIG. 7

【図8】





【図9】

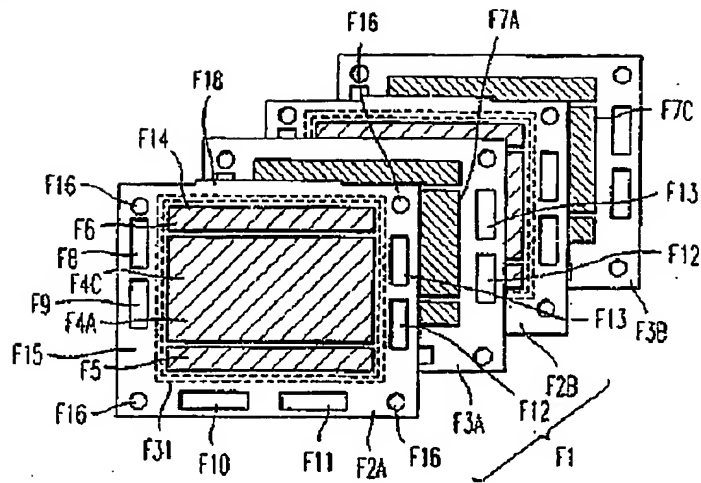


FIG. 9

【図10】

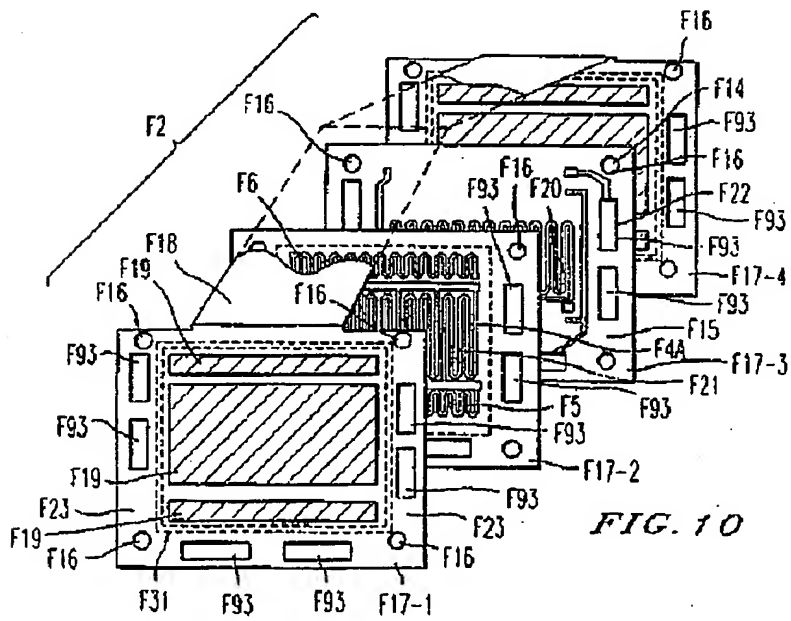
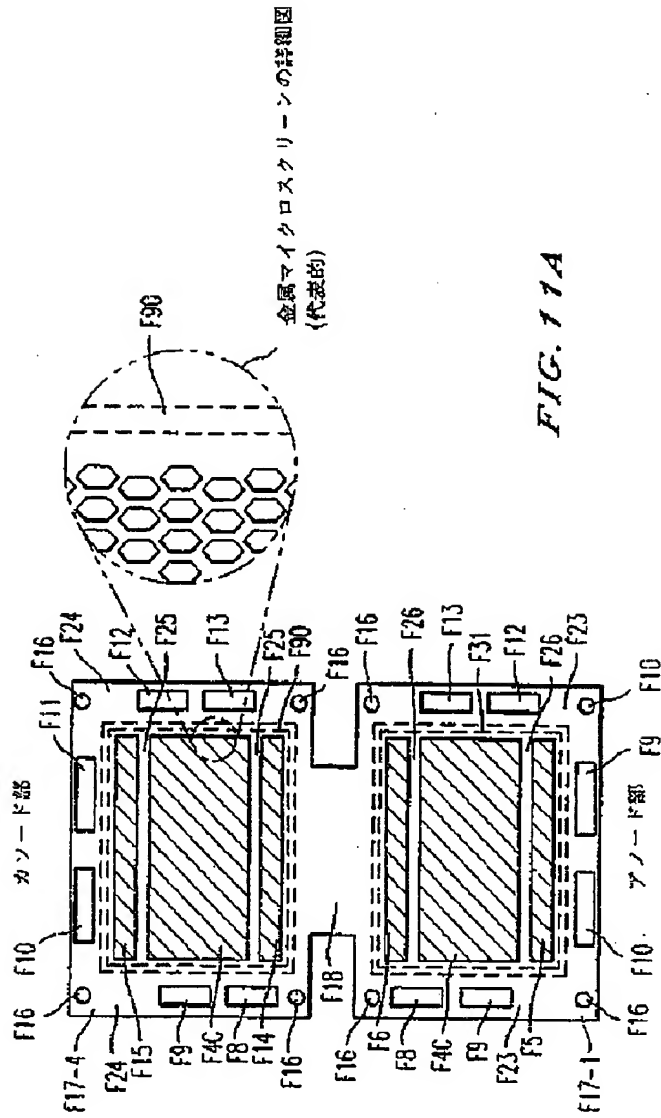
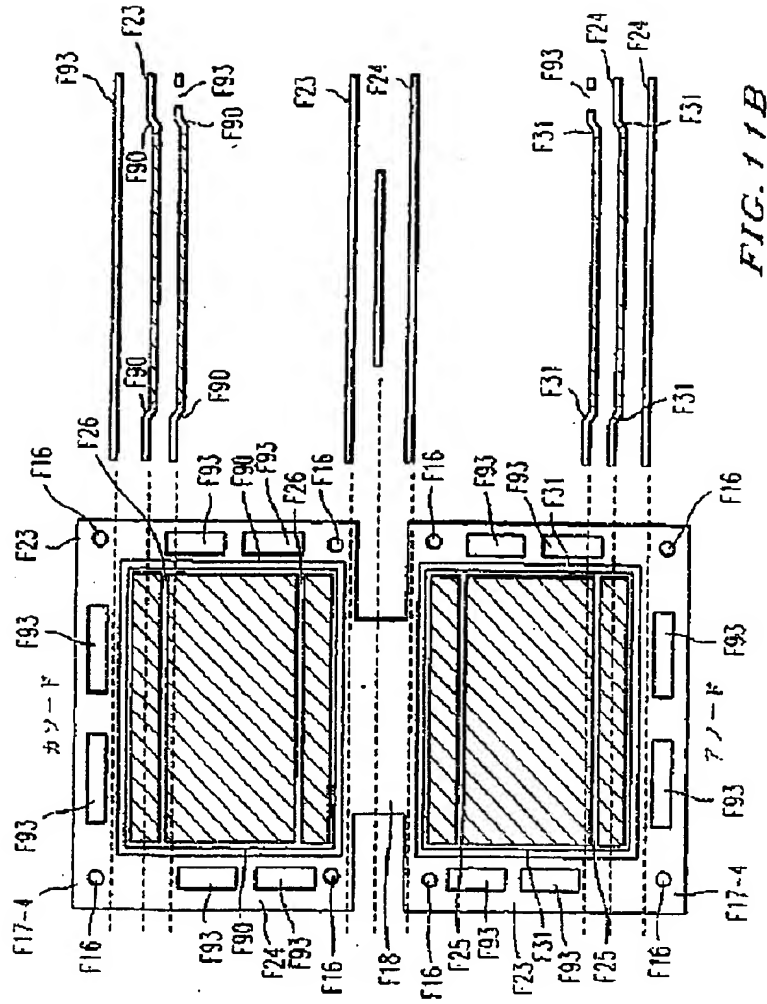


FIG. 10

【図11】

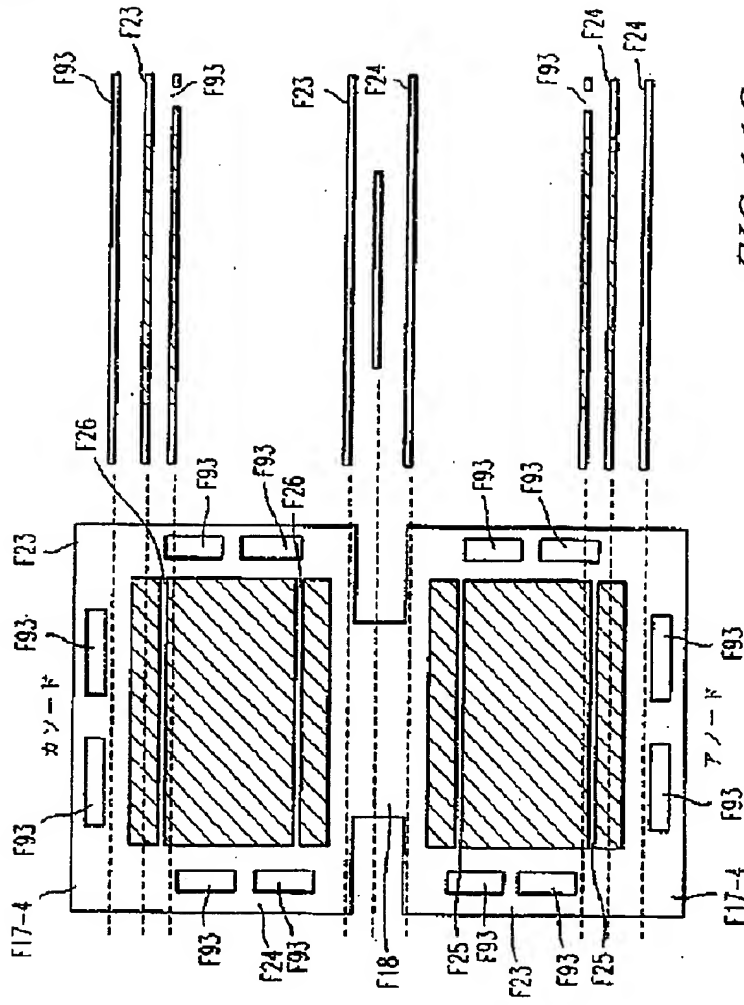


【 1 1 】



カード

【図11】



【図11】

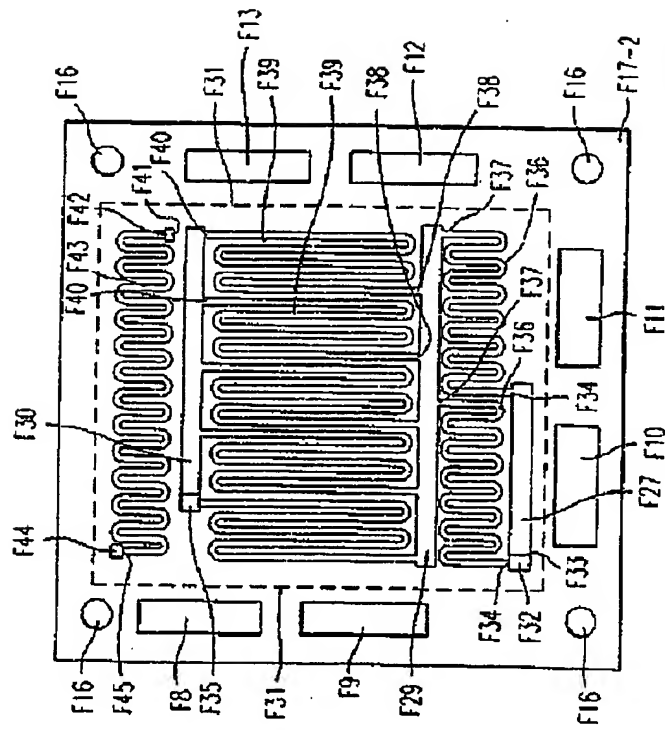
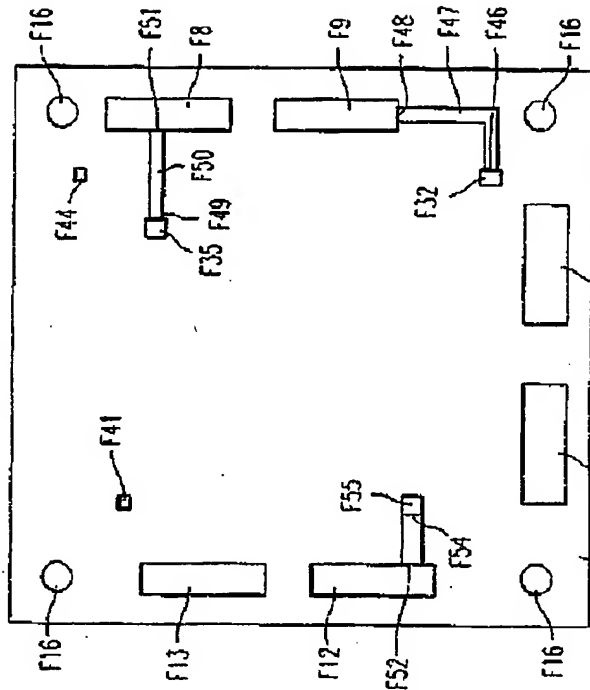
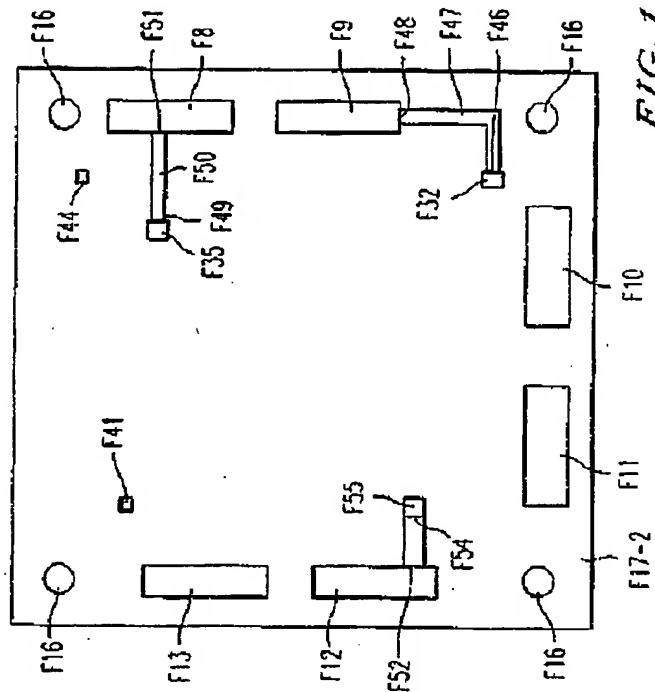


FIG. 11D

【图 1.1】



【図11】

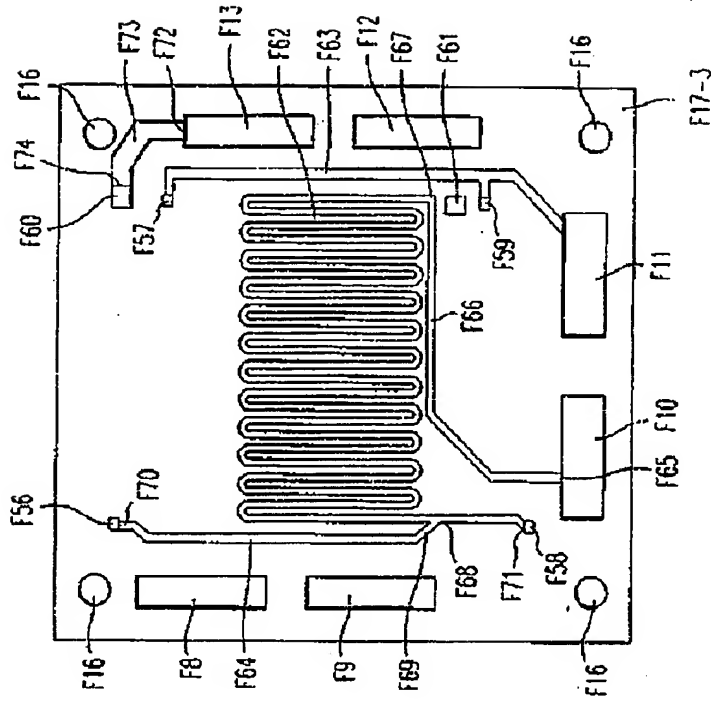


FIG. 11F

【圖 11】

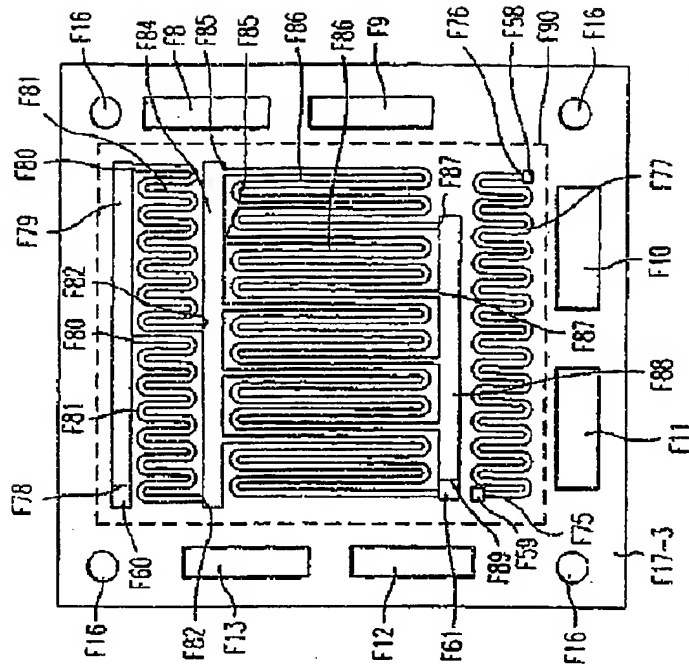


FIG. 11G



【図12】

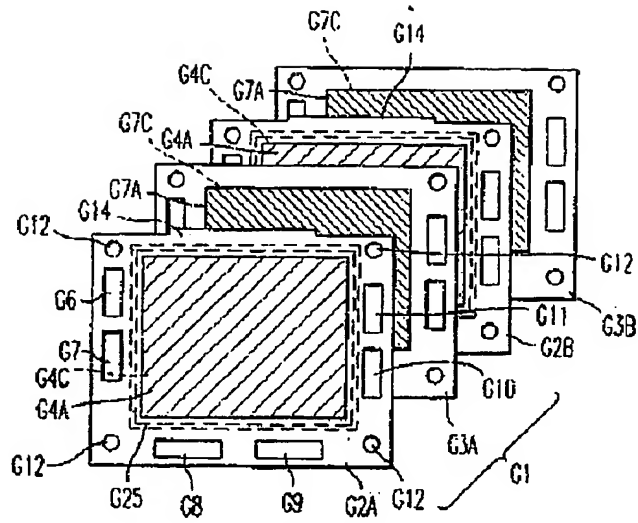
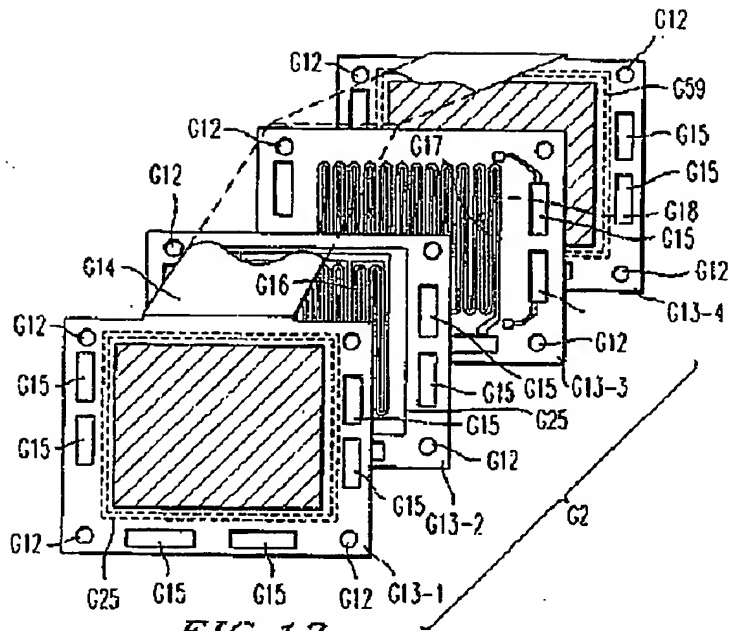
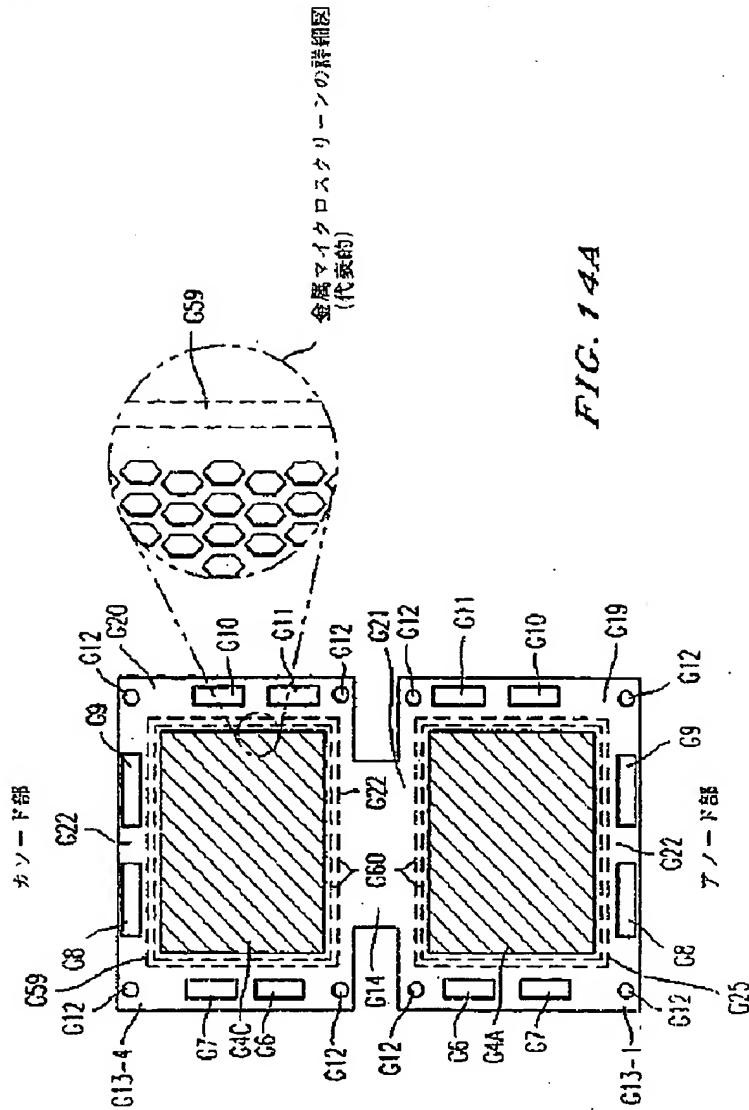


FIG. 12

【図13】



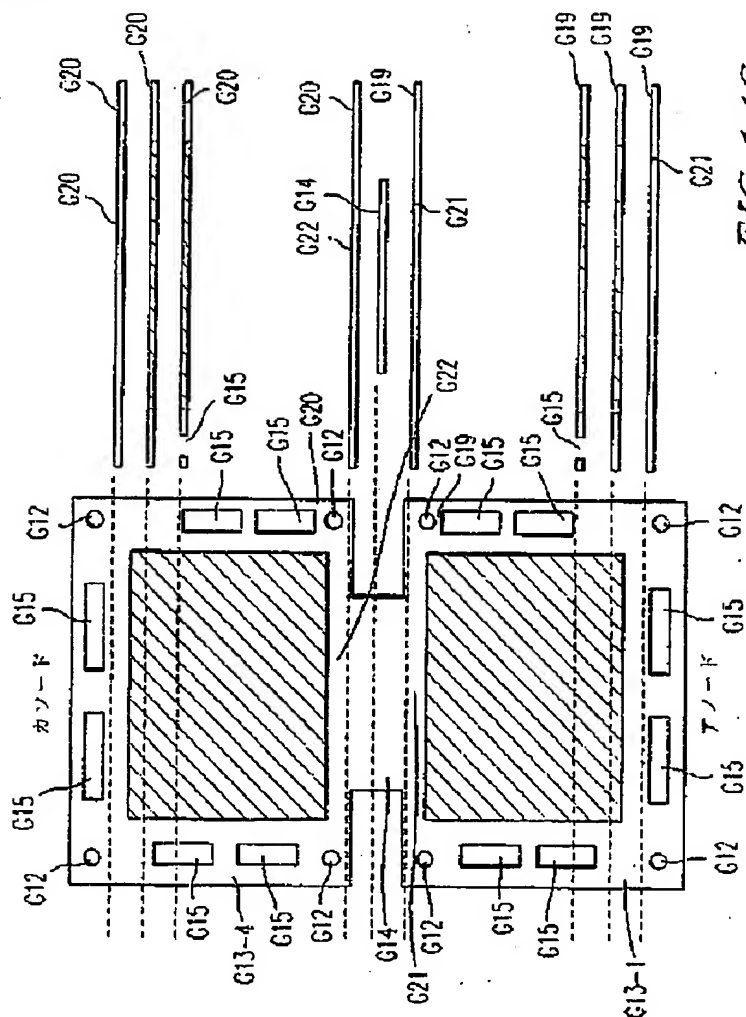
【 1 4 】



金属マイクロスリーンの詳細図  
(代表的)

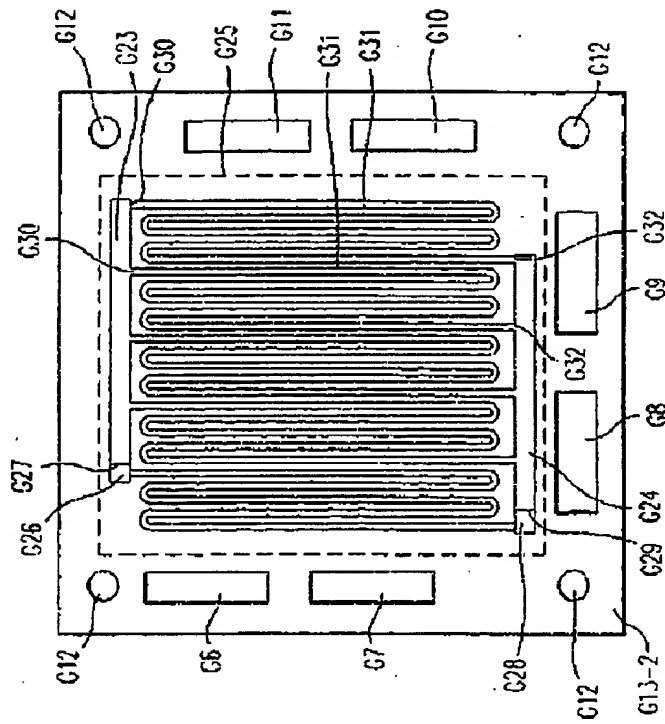


FIG. 14C



[图 14]

FIG. 14D



【図14】

アノード側流れ場 プレートレットの背面

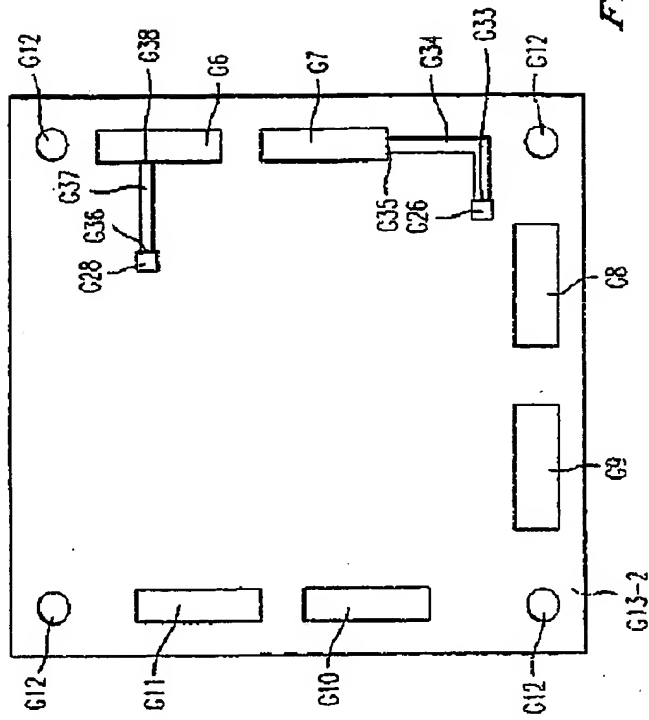


FIG. 14E

【図14】

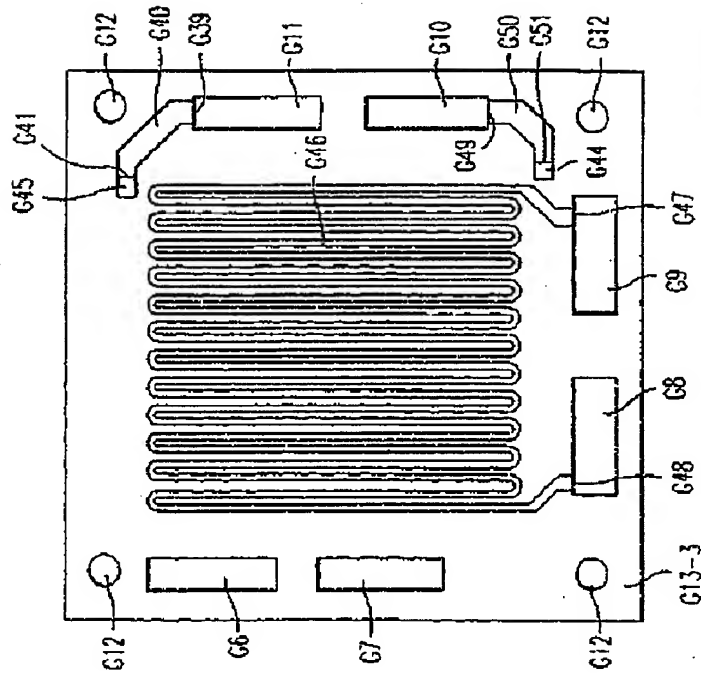
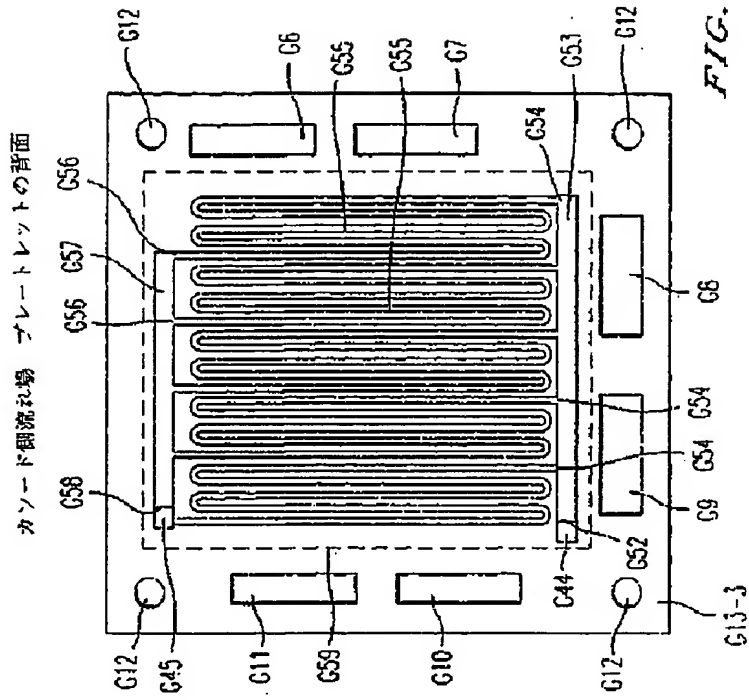


FIG. 14F

カセット箱内場 プレートレットの正面



【図14】



[図 15]

図 15 示すのは、多重量式電流アブリッジマイクロスクリンプレートレット

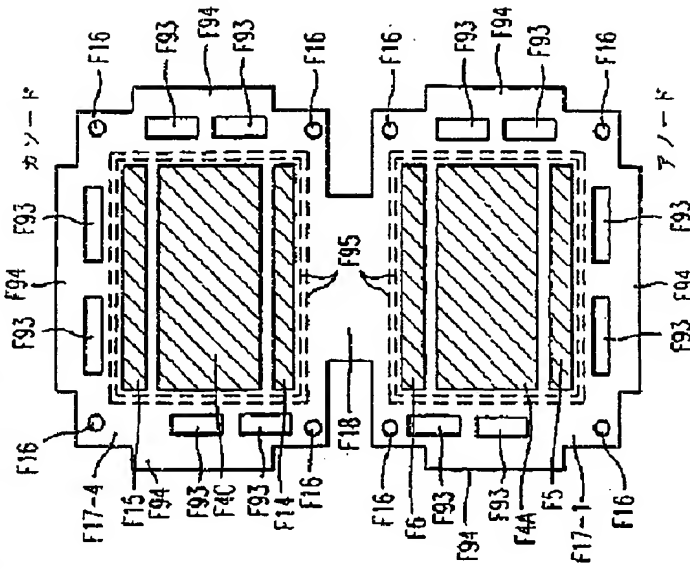
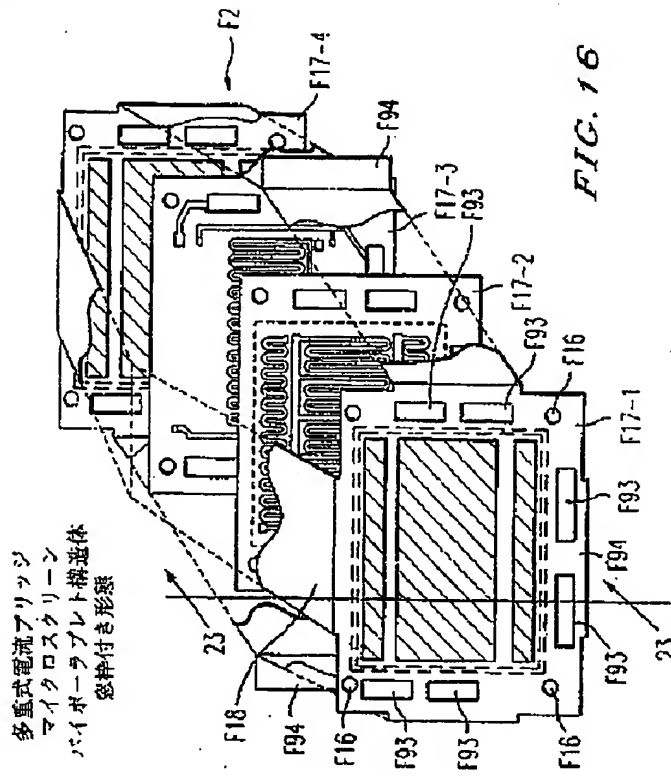


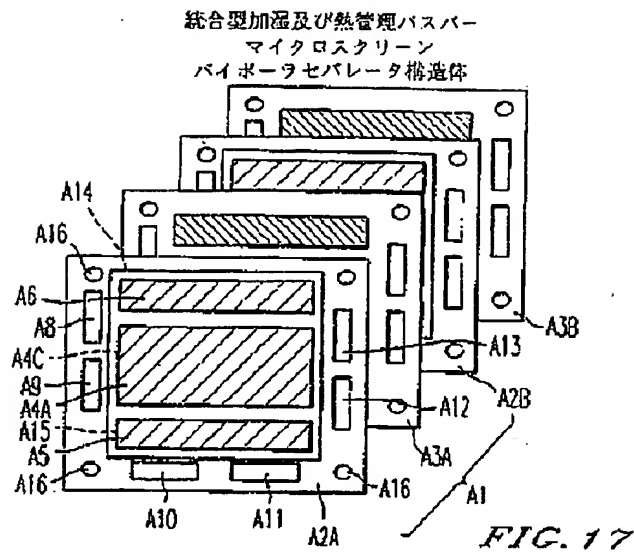
FIG. 15



【図16】



【図17】





【図19】

アノード及びカソードマイクロスクリーンプレートレット正面又は背面

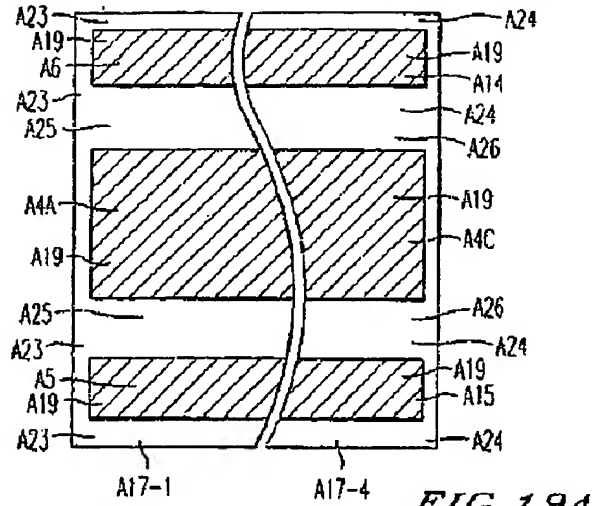


FIG. 19A

アノード側流れ場プレートレット正面

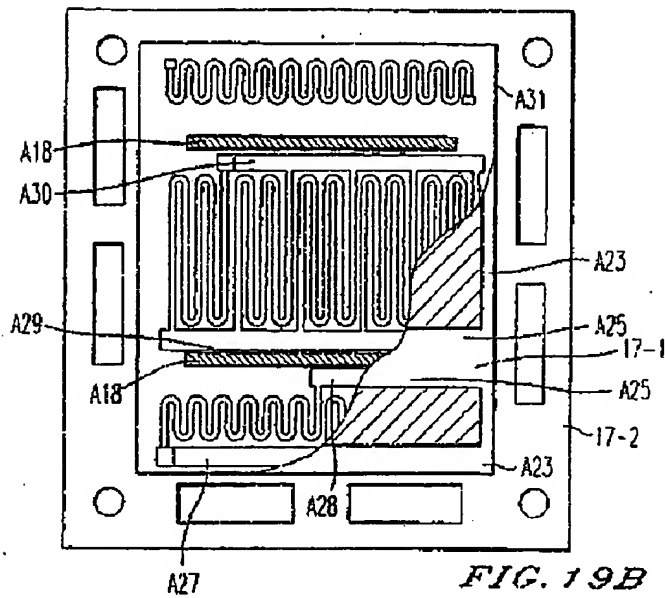
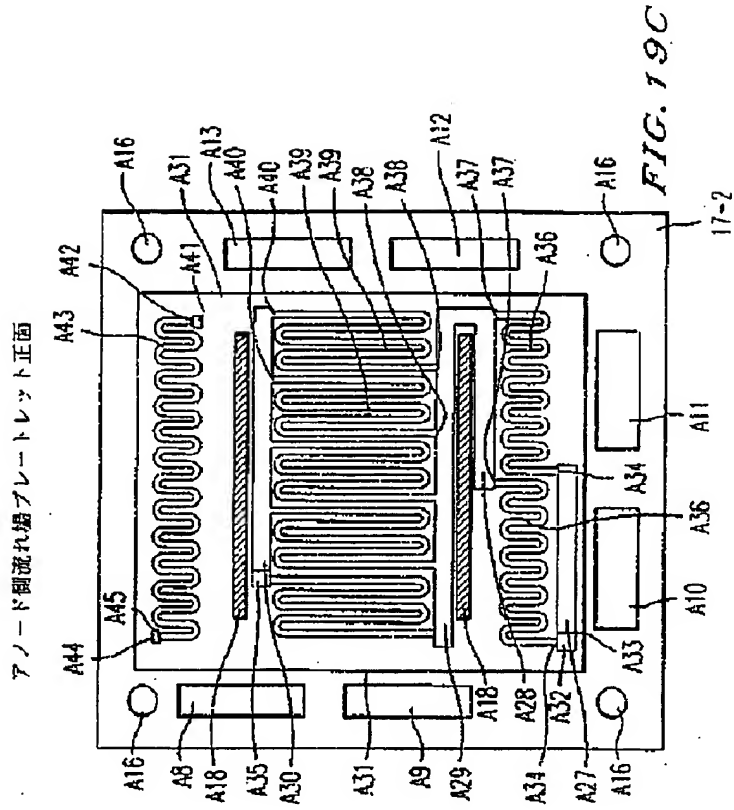


FIG. 19B

【図19】





【図19】

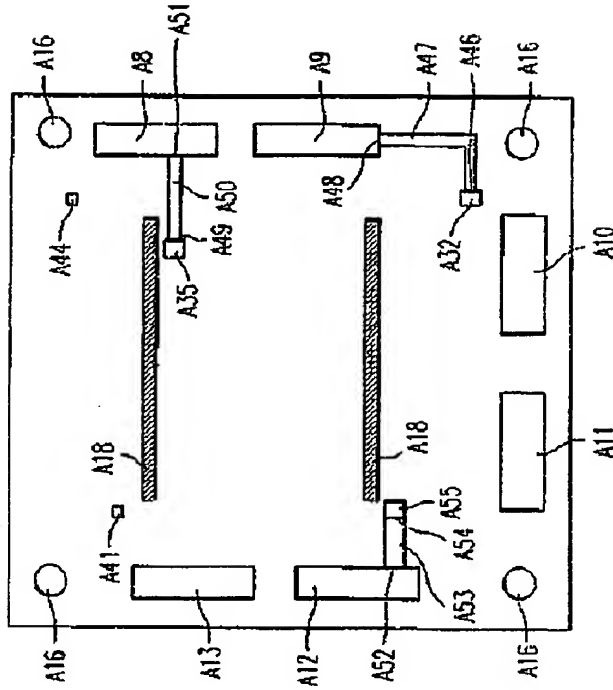


FIG. 19D

アノード配線板プレートレット背面

【図19】

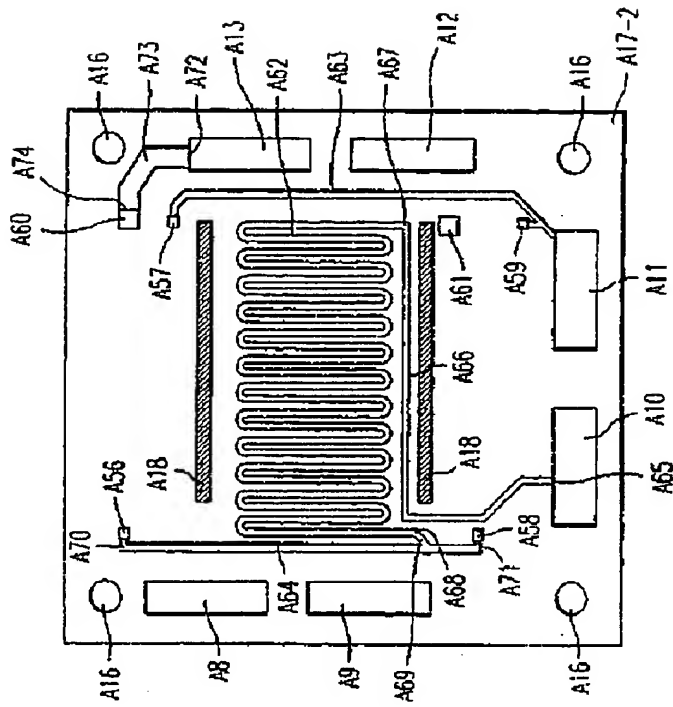
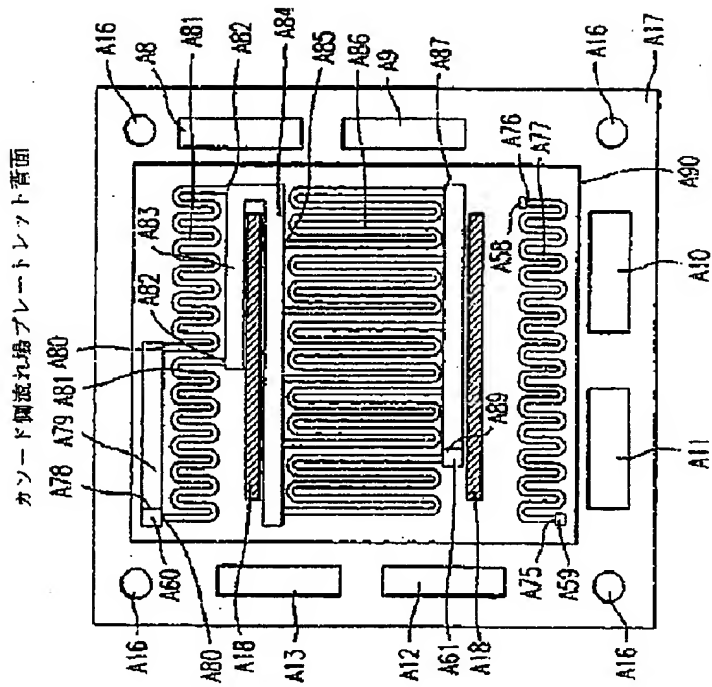


FIG. 19E

カソード鍍銀れ線プレートレット正面

【图 19】



カソード側流れ場プレートレット背面

【図19】

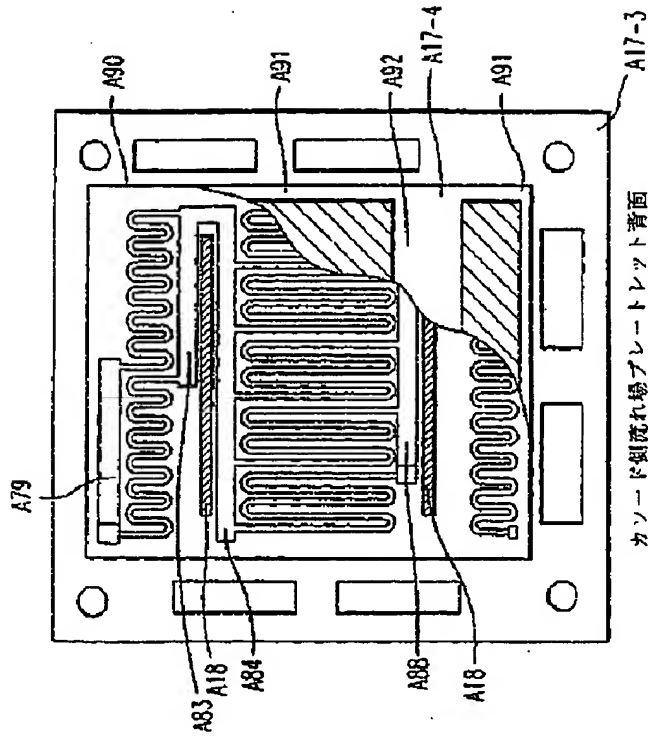
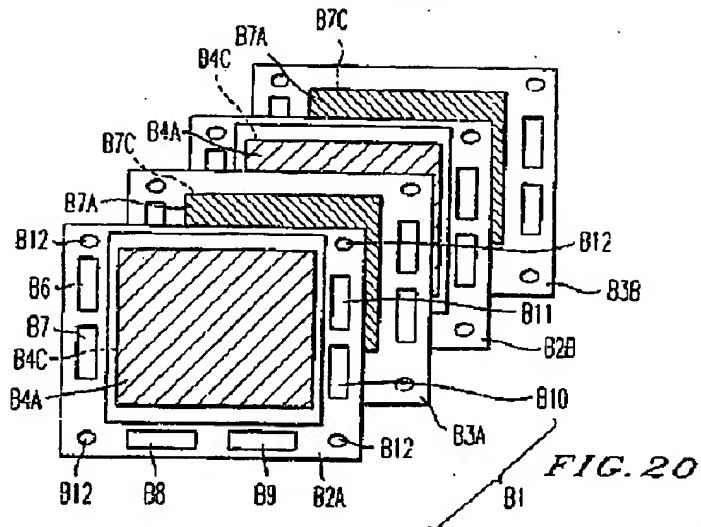


FIG. 19C

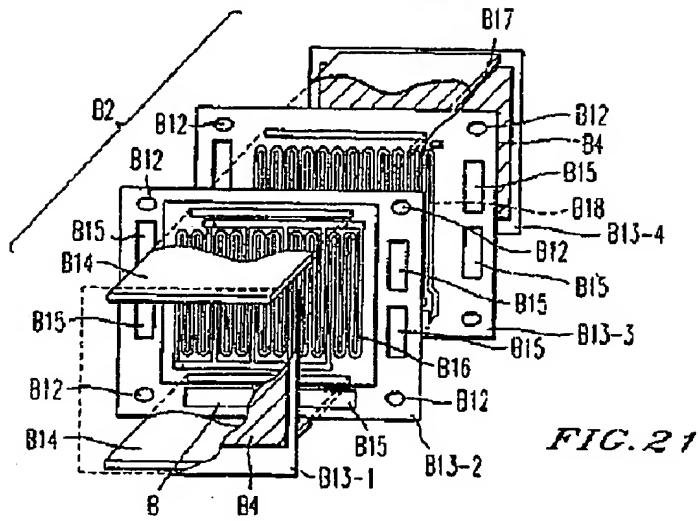
【図20】

統合型熱管理バスパーマイクロスクリーン  
パイボラセパレートプレート構造体



【図 2 1】

# 統合型熱管理バスパーマイクロスクリーン バイポーラセパレータプレート構造体



【図22】

アノード及びカソードマイクロスクリーンプレート正面又は背面

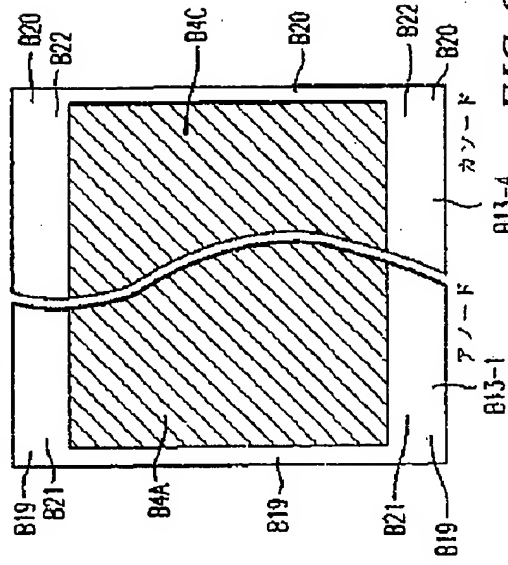


FIG. 22A

【図 22】

アノード側流れ場プレート正図

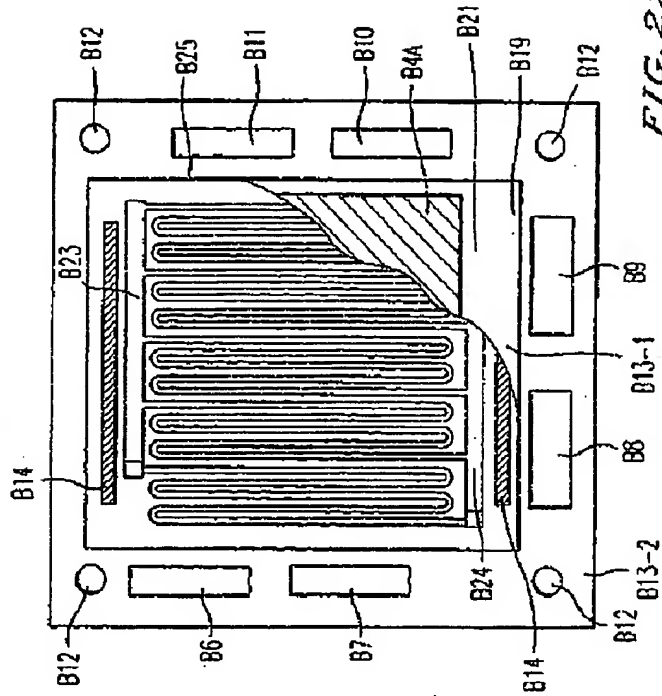


FIG. 22B



【圖 22】

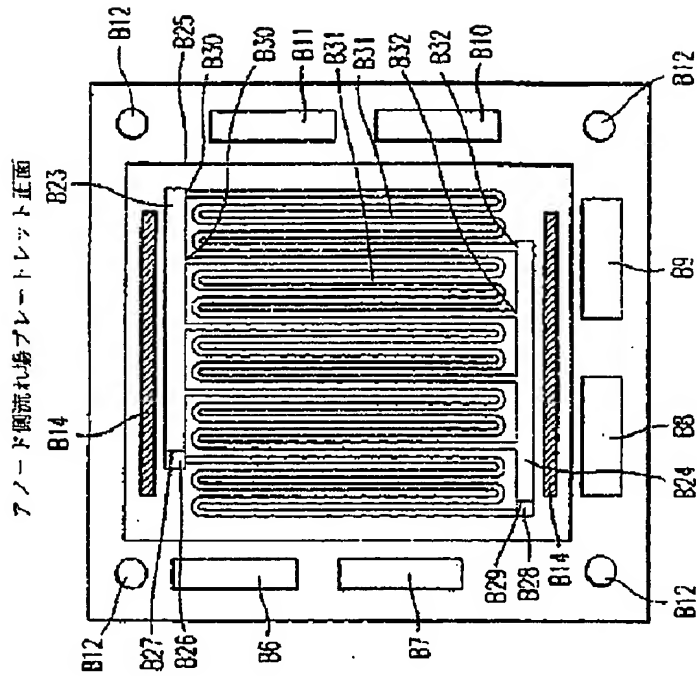
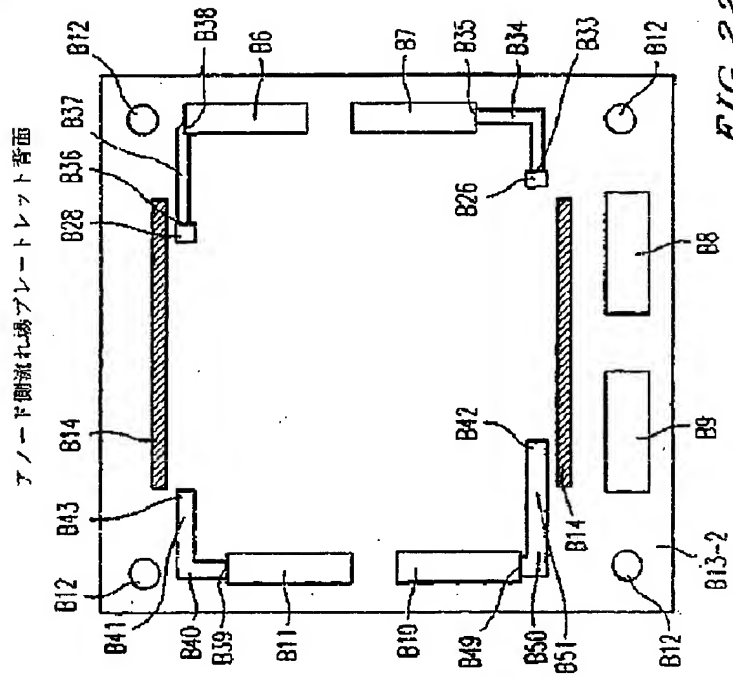
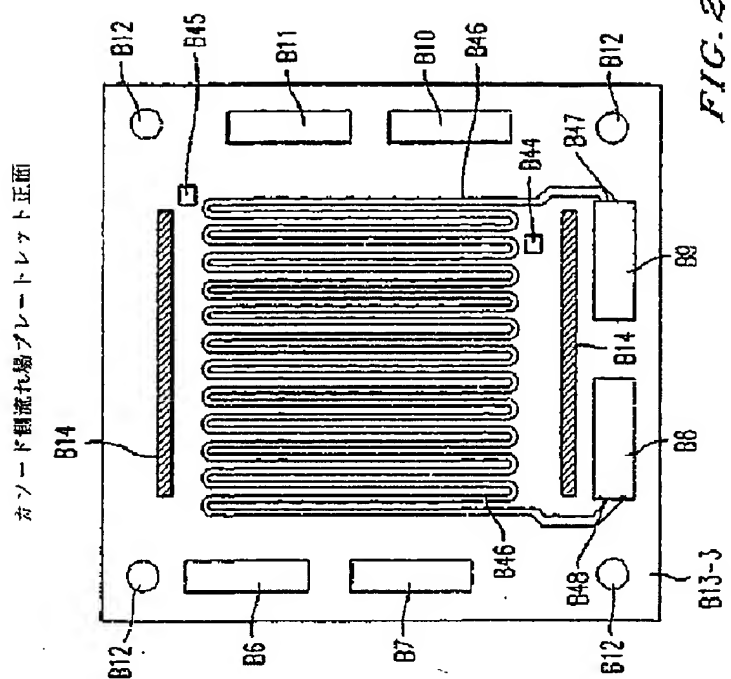


FIG. 22C

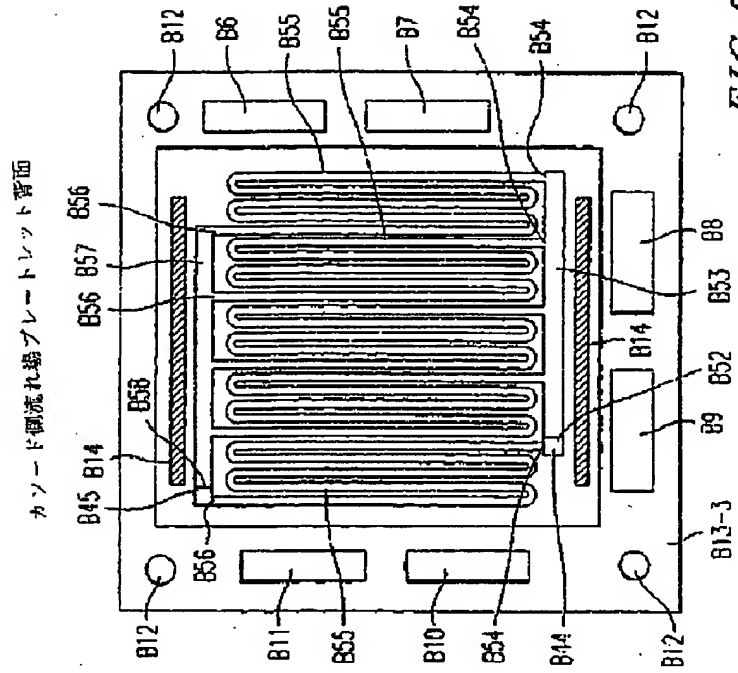
【図 22】



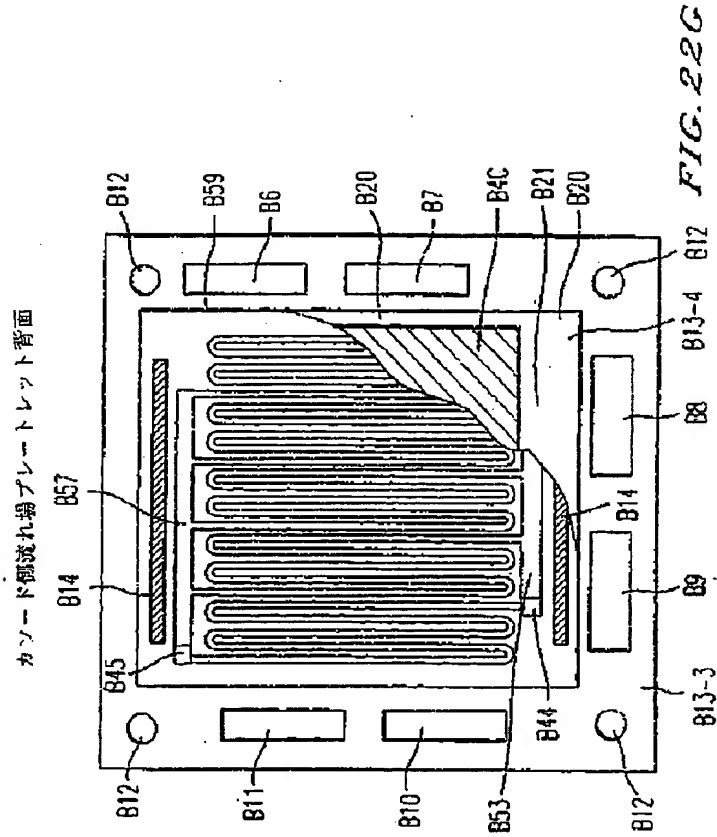
【図 22】



【図 22】



【図22】



【図23】

端部電導体の断面図

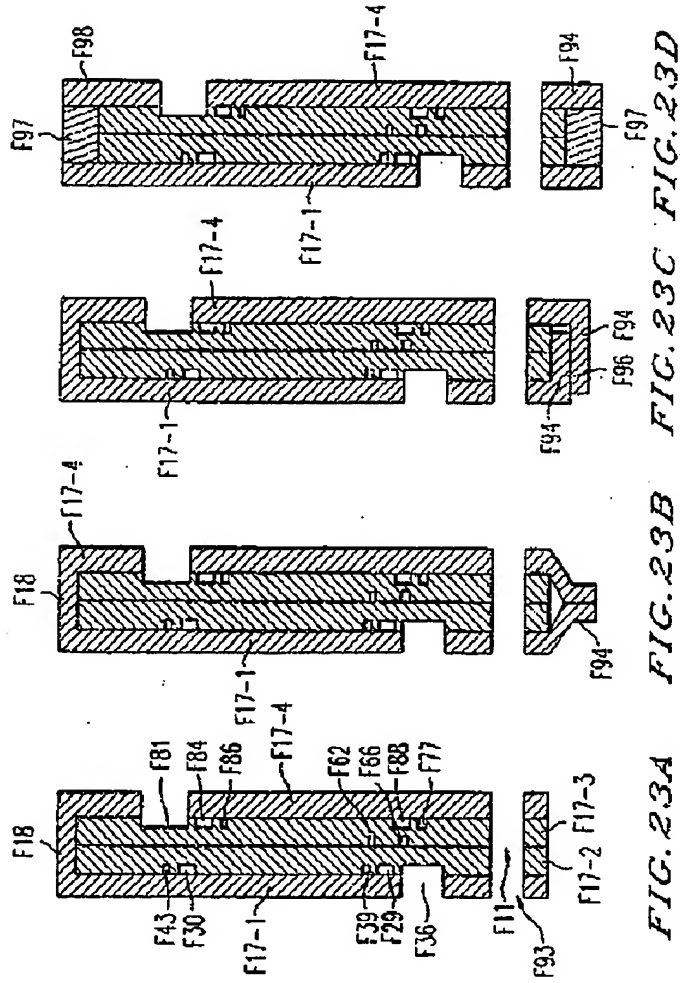


FIG. 23A FIG. 23B FIG. 23C FIG. 23D

【図24】

貫通した電導体の断面図

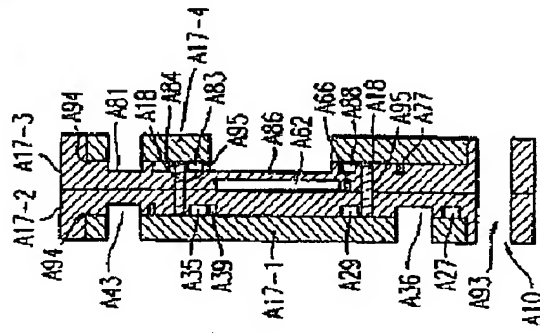


FIG. 24A

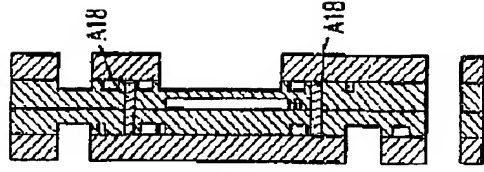
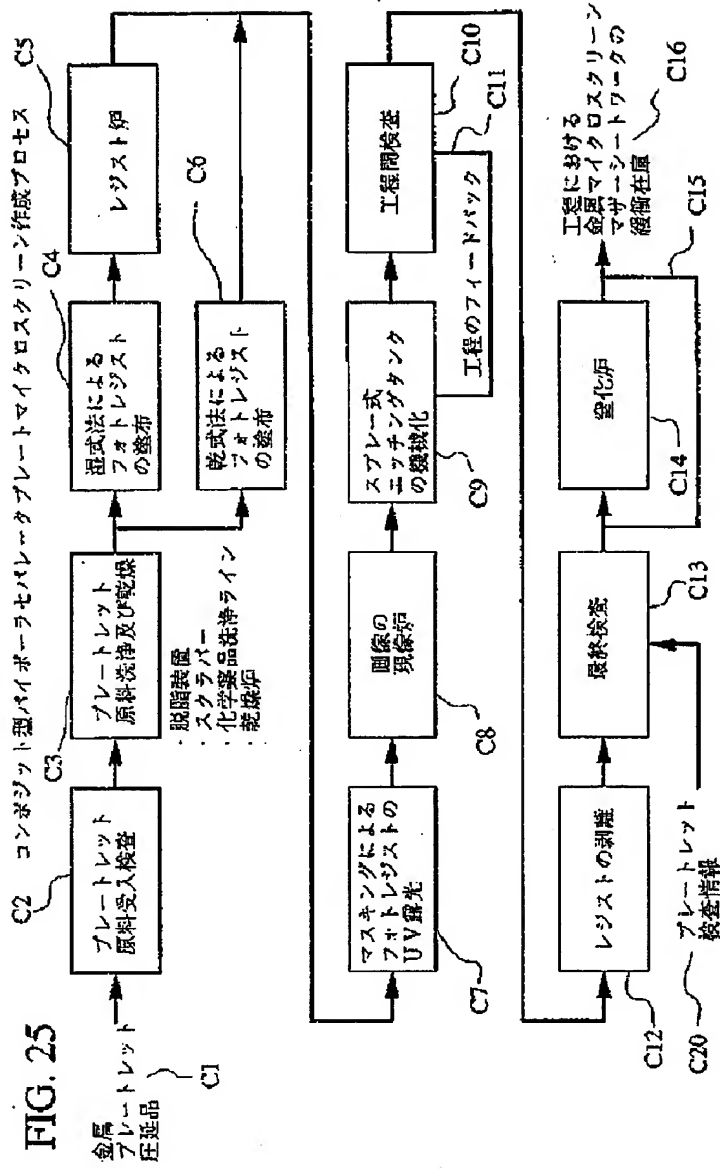


FIG. 24B

【図 25】





【図26】

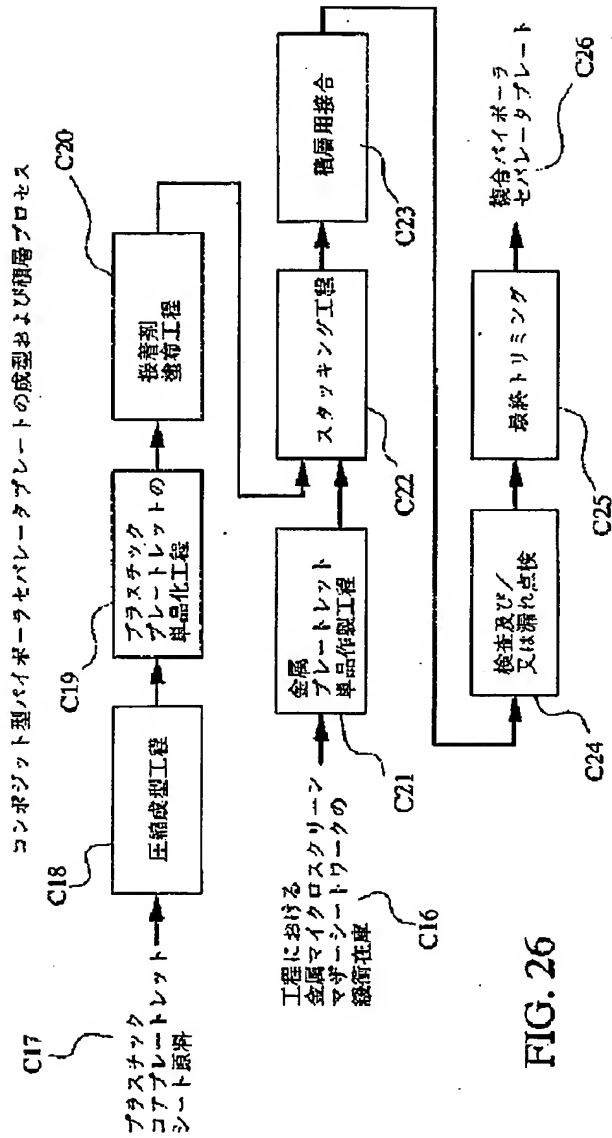


FIG. 26



## 【國際調查報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/US96/06877
<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> IPC(9) : H01M 8/04 US CL. : 429/34, 32, 39, 12 According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b> Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) U.S. : 429/34, 32, 39, 12, 39		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of documents, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US,A, 3,468,712 (Gillespie) 23 September 1969 (see entire document).	1-37,39-46
Y	US,A, 5,300,370 (Washington et al) 05 April 1994. (see entire document).	1-37,39-46
Y	US,A, 5,252,410 (Wilkinson) 12 October 1993.	1-37, 39-46
Y	US,A, 5,230,960 (Voss et al) 27 July 1993. (see entire document).	1-37, 39-46
Y	US,A, 5,108,849 (Watkins et al) 28 April 1992 (see entire document).	1-37, 39-46
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family member.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "L" document which may contain an abstract (summary) or which is used to establish the publication date of another citation or which is cited in the abstract (see specification) "D" document relating to an oral disclosure, e.g., exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but which was not known to the applicant		
"T" document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the international filing date in such manner as to require a search of the prior art "X" document of particular relevance, the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to be obvious in view of the prior art "Y" document of particular relevance, the claimed invention cannot be considered to be obvious in view of the prior art and the document is considered to be a prior art document, such consideration being obvious to a person skilled in the art "Z" document number of the state patent family		
Date of the actual completion of the international search		Date of making of the international search report
01 AUGUST 1996		04 SEP 1996
Name and mailing address of the ISA/US Commissioner of Patents and Trademarks Box PCT Washington, D.C. 20231		Authorized officer ANTHONY SKAPAROS
Telephone No. (703) 205-3236		Telephone No. (703) 308-2773

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.  
PCT/US96/06877

## Box I Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of Item 2 of first sheet)

This international report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(c) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:  
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:
2. ☒ Claims Nos.: 37, 38  
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:  
Claims are incomplete.
3. ☐ Claims Nos.:  
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

## Box II Observations where unity of invention is lacking (Continuation of Item 2 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is rejected to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claim Nos.:

Remark on Protest ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest.  
☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

フロントページの続き

(81)指定国 EP(AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AP(KE, LS, MW, SD, SZ, UG), UA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), AL, AM, AT, AU, AZ, BB, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, GB, GE, HU, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MD, MG, MK, MN, MW, MX, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, TJ, TM, TR, TT, UA, UG, US, UZ, VN

(72)発明者 ヘイズ, ウィリアム エイ

アメリカ合衆国 カリフォルニア 95693

ウィルトン デイヴィス ロード

19250

(72)発明者 ジャンケ, デイヴィッド イー

アメリカ合衆国 カリフォルニア 95662

オレンジウェイル スティーヴ ウェイ

8733

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☒ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**